



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

профиль «Сооружение и ремонт объектов систем трубопроводного транспорта»

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода»

УДК 622.692:69

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б21Т	Ивкин Виталий Сергеевич		20.05.2016 г.

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Назаров А.Д.	к.г.-м.н, доцент		20.05.2016 г.

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Белозерцева О.В.	к.э.н, доцент		04.05.2016 г.

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.	доцент		16.04.2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		12.05.2016 г.

Томск – 2016г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП
21.03.01 Нефтегазовое дело

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7, ОК-8) (ЕАС-4.2а) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3е)
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	<i>ресурсов</i>	
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)
<i>в области проектной деятельности</i>		
P11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Сооружение и ремонт объектов систем трубопроводного транспорта»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Рудаченко А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б21Т	Ивкину Виталию Сергеевичу

Тема работы:

«Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	20.04.2016 г. № 3075/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является балочный переход магистрального трубопровода. Категория участка – IV категория; Длина перехода – 148 м; Высота перехода над поверхностью земли – 4,5 м; Наружный диаметр – 1020 мм; Марка стали 17Г1С-У; Продукт перекачки – природный газ; Плотность продукта – $\rho = 760 \text{ кг/м}^3$ Нормативное значение снегового покрова - $P_{\text{сн}} = 2400 \text{ Н/м}^2$;
---------------------------------	---

	Толщина слоя гололеда – $b = 15$ мм; Нормативное значение ветрового давления - $W_0 = 380 \text{ Н/м}^2$.; Перепад температуры - $\Delta t = \pm 47^\circ \text{C}$.; Плотность стали – $\rho_{\text{ст}} = 7850 \text{ кг/м}^3$.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> - Поиск, сбор и анализ информации; - Изучение основных нормативных требований к проектированию балочных переходов; - Описание технологии строительства магистрального трубопровода с использованием балочного перехода; - Производство расчета балочного перехода в соответствии с исходными данными; - Рассмотрение особенностей сооружения объекта в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду; - Проведение расчета экономических затрат на строительство балочного перехода трубопровода
Перечень графического материала	Рисунки, таблицы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Белозерцева О.В. к.э.н, доцент
Социальная ответственность	Гуляев М.В., доцент
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Назаров Александр Дмитриевич	к.г.-м.н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б21Т	Ивкин Виталий Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б21Т	Ивкину Виталию Сергеевичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта и хранения нефти и газа
Уровень образования	Специалист (бакалавр)	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Объект исследования	Расчет стоимости строительства балочного перехода трубопровода диаметром 1020 мм, толщиной стенки 14 мм и длиной 148 м.
2. Оценка затрат на строительство балочного перехода трубопровода	1. Заработная плата 2. Отчисления на социальные нужды 3. Затраты на использованные материалы. 4. Затраты на топливо.
3. Перечень графического материала	Таблицы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику:	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Белозерцева Ольга Викторовна	к.э.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б21Т	Ивкин Виталий Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б21Т	Ивкину Виталию Сергеевичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта и хранения нефти и газа
Уровень образования	Специалист (бакалавр)	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования.	<p>Рабочее место расположено на открытом воздухе.</p> <p>При строительстве, ремонте и эксплуатации надземного балочного перехода возможно влияние вредных и опасных факторов производственной среды на человека.</p> <p>Кроме того, оказывается негативное влияние на окружающую среду (атмосферу, литосферу и гидросферу). Также возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, экологического, стихийного и социального характера.</p>
1. Производственная безопасность. 1.1 Анализ выявленных вредных факторов	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Климатические и погодные условия. 2. Повышенный уровень шума в рабочей зоне на объекте. 3. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. 4. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми и пресмыкающимися. 5. Тяжелый и напряженный физический труд работников.
1.2 Анализ выявленных опасных факторов	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования. 2. Электрическая дуга и искры при

	<p>сварке металлических деталей.</p> <p>3. Возможность поражения электрическим током;</p> <p>4. Повышенная или пониженная температура рабочих поверхностей оборудования и материалов.</p> <p>5. Повышенная пожароопасность и взрывоопасность.</p>
2. Экологическая безопасность.	<p>При строительстве и обслуживании надземного балочного перехода трубопровода на окружающую среду оказывают воздействие следующие производственные процессы сопровождающиеся:</p> <p>1. Загрязнением атмосферного воздуха;</p> <p>2. Нарушением гидрогеологического режима;</p> <p>3. Повреждением почвы и растительности;</p> <p>4. Уничтожением лесных массивов;</p> <p>5. Загрязнением поверхности водных источников и подземных вод.</p> <p>6. Изъятием плодородных земель под строительство.</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	<p>Чрезвычайные ситуации возникают в случаях:</p> <p>1. В результате внезапной разгерметизации трубопровода;</p> <p>2. При разрывах трубопровода;</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<p>1. РД 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывопожароопасных и взрывоопасных объектах»</p> <p>2. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие сведения»</p> <p>3. СНиП III-42-80* «Магистральные трубопроводы. Правила производства и приёмки работ»;</p> <p>4. СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования»;</p> <p>5. СанПин 2.2.3.1384-03</p>

	<p>«Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ» и строительных работ»;</p> <p>6. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы»;</p> <p>7. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»;</p> <p>8. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»;</p> <p>9. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;</p> <p>10. ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность»;</p> <p>11. ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».</p>
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику:	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев Милий Всеволодович	доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б21Т	Ивкин Виталий Сергеевич		



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

профиль «Сооружение и ремонт объектов систем трубопроводного транспорта»

Уровень образования бакалавриат

Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.05.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.04.2016	Обзор литературы	3
09.04.2016	Введение	5
12.04.2016	Обзор построенных систем надземных балочных переходов	10
15.04.2016	Конструкции балочных переходов	10
18.04.2016	Основные балочные системы, применяемые при надземной прокладке трубопровода	10
19.04.2016	Конструкции опор балочных переходов	10
28.04.2016	Расчетная часть	20
11.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
16.05.2016	Социальная ответственность	10
18.05.2016	Заключение	5
19.05.2016	Презентация	7
	Итого:	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Назаров А.Д.	к.г.-м.н, доцент		29.10.2015 г.

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		29.10.2015 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 110 с., 23 рис., 9 табл., 24 источника.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, балочный переход, надземная схема прокладки, конструкции опор, опора, компенсатор, препятствие, компенсация продольных деформаций,

Объектом исследования является балочный переход трубопровода диаметром 1020 мм и длиной 148 м

Цель работы – обоснование и выбор оптимального метода строительства магистрального трубопровода с использованием балочного перехода с учетом минимизации затрат на его реализацию

В процессе исследования проводились поиск, сбор и анализ материалов и информации, проведение расчетов надземного балочного перехода, оценка затрат на строительство балочного перехода, рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при строительстве балочного перехода

В результате исследования получены расчеты, а также выбран оптимальный метод строительства магистрального трубопровода с использованием балочного перехода

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:_____

Степень внедрения: использование балочных переходов широко распространено в нефтегазовой отрасли

Область применения: имеют распространение при строительстве трубопровода в районах рек, оврагов, болот и ручьев.

Экономическая эффективность/значимость работы _____

В будущем планируется _____

Обозначения и сокращения

- СНиП – строительные нормы и правила;
- РД – руководящий документ;
- СанПиН – Санитарные нормы и правила;
- Сеч. тр.(S) – сечение трубопровода;
- М – металл (металлы);
- Ст. – сталь;
- Тр. – трубопровод;
- Ф. – фактическое;
- н. – нормативное;
- пр. – продольное;
- Верт. – вертикально;
- Горизонт. – горизонтально;
- Гор. прод. - горизонтально-продольное;
- Комп. – компенсатор.

Оглавление

Введение.....	14
Обзор литературы.....	17
1 Обзор построенных систем надземных балочных переходов.....	18
2 Конструкции балочных переходов	21
3 Основные балочные системы, применяемые при надземной прокладке трубопроводов	32
3.1 Прямолинейная прокладка трубопроводов без компенсации продольных деформаций.....	34
3.2 Прокладка трубопроводов с компенсаторами	36
3.3 Зигзагообразная прокладка трубопроводов в виде «змейки».	39
3.4 Усиленные балочные конструкции.	41
4 Конструкции опор балочных переходов	42
5. Расчетная часть	57
5.1 Характеристика стали перехода.....	57
5.2 Предварительная оценка толщины стенки трубопровода.....	58
5.3 Определение нагрузок, действующих на трубопровод	61
5.4 Расчет балочных переходов без компенсации продольных деформаций.....	66
5.5 Расчёт нагрузок на опоры балочных переходов без компенсации продольных деформаций	73
5.6 Расчёт балочных переходов с компенсаторами.....	77
5.7 Расчёт нагрузок на опоры балочных переходов с компенсаторами.....	80
5.8 Расчет компенсаторов	84
6 Финансовый менеджмент при строительстве магистрального трубопровода с использованием балочного перехода.	88
7 Социальная ответственность при строительстве магистрального трубопровода с использованием балочного перехода	93
7.1 Производственная безопасность	93
7.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	93
7.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	98
7.2 Экологическая безопасность	102
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	105
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	107
Заключение	108
Список использованных источников.....	109

Введение

Актуальность темы:

Магистральный трубопроводный транспорт является одной из важнейших составляющих топливно-энергетического комплекса России. В стране создана разветвленная сеть магистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов и газопроводов, которые проходят по территории большинства субъектов Российской Федерации.

Среди существующих схем прокладки трубопровода имеет место надземная прокладка трубопроводов.

Надземная прокладка трубопроводов, а равно как и каждого отдельного его участка применяется в горных и пустынных районах, болотистых и заболоченных местностях, районах горных выработок, оползней и зонах распространения вечномёрзлых грунтов, а также переходах через естественные и искусственные преграды.

В связи с быстро растущим спросом на углеводородное сырье резко возросла необходимость в строительстве новых трубопроводов и их прокладке в сложных природных условиях.

При пересечении трубопроводами ручьев, рек, ущелий, оврагов и других естественных препятствий используются *надземные балочные переходы*, которые в конструктивном отношении могут быть выполнены одно- и многопролетными, с компенсирующими устройствами (компенсаторами) и без установки компенсаторов.

Наиболее экономичными конструктивными схемами являются одно- и многопролетные надземные балочные переходы без компенсации продольных деформаций, то есть без установки специальных компенсирующих устройств.

					Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Ивкин В.С.				Введение	Лит.	Лист
Провер.	Назаров А.Д.						Листов
Реценз.							14
Н. Контр.							110
Утверд.	Рудаченко А.В.					ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т	

Самокомпенсация продольных деформаций от изменения температуры, внутреннего давления, просадок опор в таких системах прокладки обеспечивается за счет дополнительных прогибов трубопровода в вертикальной плоскости и сжатия материала труб.

В каждом отдельном случае надземная прокладка трубопроводов с использованием балочных переходов должна быть подкреплена технико-экономическими расчётами, подтверждающими надёжность трубопровода, его экономическую эффективность и техническую целесообразность.

Объект исследования:

В рамках данной выпускной квалификационной работы рассмотрена технология строительства магистральных трубопроводов с использованием балочного перехода, конструктивные схемы систем балочных переходов, схемы и разновидности опор под трубопровод, а также произведены расчеты непосредственно балочного перехода с заданными параметрами.

Методы исследования:

- Изучение метода строительства магистральных трубопроводов с использованием технологии балочного перехода;
- Описание технологии строительства надземных балочных переходов, а так же ознакомление с основной документацией и правилами безопасности строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов;
- Сбор и анализ полученных данных;
- Получение практических навыков расчета надземного балочного перехода;
- Обоснование и выбор оптимального метода строительства магистрального трубопровода с использованием балочного перехода с учетом минимизации затрат на его реализацию.
- Рассмотрение особенностей сооружения объекта в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду;

					Введение	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Расчет экономических затрат на строительство данного участка балочного перехода трубопровода;
- Подведение итогов и выводов по проделанной работе.

Апробация работы:

Частично материалы данной выпускной квалификационной работы были представлены на защите автором в 2012 году при выпуске из Томского промышленно-гуманитарного колледжа.

					<i>Введение</i>	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Обзор литературы

При написании данной выпускной квалификационной работы были использованы нормативно-технические документы, научная и учебно-методическая литература.

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы метода балочных переходов явились работы Кузьбожева А.С., Вайнштока С.М., Коршака А.Л., Шаммазова Л.М., Агапкина В. М., Петрова И. П., Спиридонова В. В. В данных источниках подробно рассмотрены конструктивные схемы надземных балочных переходов, конструкции опор, а также виды и конструкции компенсаторов.

На основе нормативно-технических и правовых документаций, таких как СНиП 12-03-2001, СанПиН 2.2.3.1384-03, ГОСТ 12.0.003-74, ГОСТ 12.1.003-83, ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.012-90 были написаны разделы «Финансовый менеджмент» и «Социальная ответственность».

В соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов СНиП 2.01.07-85*, СНиП 2.05.06-85*, СНиП III-42-80* и на основе учебно методических материалов Бабина Л.А., Бореля Е.А. была составлена расчетная часть данной работы.

					Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.	Ивкин В.С.				Обзор литературы	Лит.	Лист	Листов	
Провер.	Назаров А.Д.						17	6810	
Реценз.						ТПУ ИПР, гр. 3-2Б21Т			
Н. Контр.									
Утверд.	Рудаченко А.В.								

1 Обзор построенных систем надземных балочных переходов

Балочные системы переходов начали применять на первых магистральных трубопроводах. В России строительство транспортных магистралей начато в последней четверти восемнадцатого столетия.

В 1878 году были сооружены нефтепроводы от промыслов Баку до нефтеперерабатывающих заводов. После 1925 года построены нефтепроводы диаметром 200 мм; Баку – Батуми протяжением 834 км и Грозный – Туапсе протяженностью 49 километров. Один из надземных переходов на этом нефтепроводе представлен на рисунке 1.

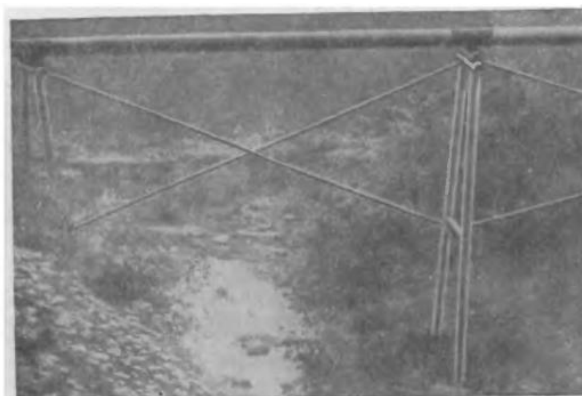


Рисунок 1 Надземный балочный переход на нефтепроводе Грозный – Туапсе. [11, стр. 98]

Подобных переходов на нефтепроводе несколько. Все они прямолинейные без компенсации продольных деформаций и имеют несколько пролетов длиной от 4 до 8 метров. Опоры под трубопровод изготовлены из сварных труб и имеют высоту от двух до шести метров.

В 1931 году был построен нефтепродуктопровод диаметром 300 мм от Армавира – до Никитовки длиной 445 км, а уже к 1941 году были построены трубопроводы Махачкала – Грозный, Гурьев – Омск, Малгобек – Грозный и другие.

					<i>Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>Обзор построенных систем надземных балочных переходов</i>		
Разраб.	Ивкин В.С.						
Провер.	Назаров А.Д.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.	Рудаченко А.В.				ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т		
					Лит.	Лист	Листов
						18	110

На ряде трубопроводов имелись, правда, в малом количестве, простейшие балочные надземные переходы через крутые овраги и малые реки с одним или несколькими пролетами, подобные представленному на рисунке 1.1 [11, стр. 97]

В 1938 – 1943 годах было построено несколько трубопроводов в западной части Украины, где надземные балочные системы переходов получили достаточно широкое распространение. [11, стр.97]

Многолетняя безаварийная эксплуатация надземных балочных переходов в Западной Украине доказала их надежность, поэтому новые переходы через естественные преграды выполняют, как правило, надземными. На реках же с быстрым течением и неустойчивым руслом часто старые подводные переходы (дюкеры) заменяют надземными.

Также широкое распространение балочные переходы получили после работ, выполненных лабораторией прочности и разработок проектных институтов. На газопроводах диаметром 529-1020 мм пролеты достигали 50 метров и более. Особенно много надземных переходов строили на горных трассах, где применение подземных переходов было существенно дороже, а также их надежность была существенно ниже, чем балочных переходов.

Кроме того, надземные балочные переходы строят в районах горных выработок, где неравные осадки поверхности земли приводят к разрывам подземных трубопроводов. В этих условиях применяются системы с П-образными компенсаторами. Для того, чтобы под трубопроводом можно было свободно использовать пахотные земли, применяют строительство на более высоких опорах. [11, стр.101]

В пустынных районах, в районах Севера и вечной мерзлоты трубопроводы прокладывают по низким опорам с таким расчетом, чтобы низ трубопровода был расположен несколько выше уровня снежного покрова, а высокие опоры устанавливают лишь в местах пересечения с дорогами.

Это позволяет существенно уменьшать количество затраченных материалов, а также стоимость строительства балочного перехода. Балочные системы широко применяются и за рубежом как при пересечении искусственных и естественных преград, так и при надземной прокладке трубопроводов большой протяженности.

Балочные системы переходов сооружают в США, Канаде, Англии и других странах. Для прокладки трубопроводов на переходах через преграды в ряде случаев используют мосты. В Южной Америке часто трубопроводы укладывают невысоко над землей. Примером могут служить трубопроводы, проложенные в Венесуэле – в ее обширных равнинных районах, предгорьях Анд и прибрежной части озера Маракамбо. [11, стр.109]

Трубопроводы в Венесуэле прокладывают на невысоких бетонных или металлических опорах. При относительно небольших диаметрах трубопроводов (до 400 мм) компенсация продольных деформаций, возникающих от изменения температуры стенок труб, производится за счет изменения величины прогиба между опорами. Исходя из этих соображений и выбирают расстояние между опорами. Естественно, что при таком методе температурные деформации компенсируются частично и изменение температуры стенок труб сказывается на величине продольных напряжений в трубах. При таком методе прокладки в местах поворотов трубопровода наблюдаются значительные боковые смещения, что предусмотрено конструкцией опор. В местах поворота трубопровода устанавливают скользящие опоры, по которым трубопровод может смещаться как вдоль, так и перпендикулярно своей оси. Чтобы избежать сползания трубопровода с опор, по концам их делают упоры. В местах опирания трубопровода на скользящие опоры к нему приваривают металлические прокладки, которые предохраняют стенки труб от истирания. [11, стр.109-110]

					Обзор построенных систем надземных балочных переходов	Лист 20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Конструкции балочных переходов

При проектировании магистральных трубопроводов в соответствии с положениями [17] допускается использовать надземную схему прокладки.

При соответствующих технико-экономических обоснованиях надземная схема прокладки трубопровода может быть применена для трубопровода в целом, а также для отдельных его участков. Поэтому, когда подземный магистральный трубопровод пересекает некоторые искусственные или естественные преграды, то используются балочные схемы прокладки. Балочные переходы, по сравнению с подземными участками, испытывают дополнительные нагрузки, которые воздействуют на трубопровод: нагрузки от собственного веса трубы, веса перекачиваемого продукта и снежного покрова, а также от воздействия ветровых нагрузок.

Помимо всего этого, балочные переходы подвергаются наиболее значительным воздействиям температурных перепадов, вызванным колебаниями температуры воздуха окружающей среды, а также другим дополнительным нагрузкам, возникающим при прохождении очистных устройств и снарядов-дефектоскопов. [24]]

Таким образом, балочные переходы являются потенциально опасными участками магистральных трубопроводов. При наличии в поперечном сечении технического коридора магистральных трубопроводов сразу нескольких балочных переходов, которые располагаются на разных нитках трубопровода, значительно возрастает уровень опасности открытых участков вследствие того, что существует возможность, что участок будет подвержен значительным тепловым и механическим воздействиям в случае аварийного разрушения одного из соседних трубопроводов. [24]

					Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Ивкин В.С.			Конструкции балочных переходов			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Назаров А.Д.								21	110
Реценз.								ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т			
Н. Контр.											
Утверд.		Рудаченко А.В.									

Кроме того, результаты обследований балочных переходов показали, что их сооружение довольно часто выполняется с отклонениями от принятых проектных решений. Как правило, отклонения заключаются в несоответствии длины, высотного положения надземной части перехода, уклона, смещение опор по длине (или высоте) перехода, присутствие косых сварных стыков и кривых вставок на надземной части переходов.

Большинство из этих отклонений приводит к изменению расчётных схем работы трубопровода, повышению фактических напряжений в стенках труб.

Из-за того, что меняется высота положения надземной части трубопровода относительно земли, надземный переход может «превратиться» в наземный, что особенно опасно на пересечениях трубопровода с постоянно действующими малыми водотоками.

В этом случае открытая часть перехода испытывает циклическое изменение изгибно-напряжённого состояния вследствие сезонного изменения уровня грунтовых и паводковых вод, дополнительно подвергается гидродинамическому воздействию водного потока, а отсутствие требуемой изоляции вызывает повышенную коррозию металла трубы, особенно интенсивную на меняющейся границе «вода – воздух».

Для того, чтобы уменьшить влияние негативных факторов на трубопровод, организации, эксплуатирующие магистральные трубопроводы проводят ряд работ по реконструкции балочных переходов. [1]

При этом в зависимости от конструктивных особенностей балочных переходов и их технического состояния реконструкция выполняется следующими методами:

1) вырезка участка балочного перехода и прокладка трубопровода по подземной схеме;

2) обвалование балочного перехода грунтом без изменения фактического пространственного положения трубы с устройством водопропускного сооружения;

3) подсадка протяжённого участка трубопровода без вырезки труб, обеспечивающая подземную схему прокладки трубопровода на участке балочного перехода.

Первый метод является наиболее затратным и целесообразен в тех случаях, когда балочный переход находится в неудовлетворительном техническом состоянии, например, при наличии недопустимых дефектов труб или когда не могут быть реализованы другие методы реконструкции. [1]

Второй метод является самым экономичным среди указанных методов, наиболее целесообразен для реализации на пересечениях малых водотоков и ручьёв, в том числе пересыхающих и временных, кроме того, данный метод не связан с вырезкой труб. Для обеспечения безопасности эксплуатации трубопроводов применяются водопропускные сооружения, что является экономически и технически эффективным методом.

При третьем методе производят огромный объём земляных работ, вызывающих разнообразные экологические нарушения окружающей среды.

Как правило, в процессе длительной эксплуатации трубопровода возможны размывы грунта на концевых участках балочных переходов. В этом случае происходит ухудшение напряжённо-деформированного состояния участка трубопровода, а именно, происходит увеличение пролётов, рост изгибающих моментов и изгибных напряжений. [1]

Ухудшение напряжённо- деформированного состояния происходит также и у балочных переходов с несколькими пролётами, когда происходит разрушение или выпучивание опор в процессе эксплуатации. Для того, чтобы избежать аварийных ситуаций следует своевременно выявлять в процессе эксплуатации трубопровода изменений, которые происходят на участке балочных переходов, а также оценку опасности таких изменений. В качестве стабилизационных мероприятий на участке балочного перехода, получившего различные дополнительные деформации из-за увеличения пролёта, может производиться восстановление имеющихся опор или возведение дополнительных опор с дальнейшей корректировкой положения трубопровода путём его подъёма на расчётную величину. При выпучивании какой-либо опоры требуется обеспечить её первоначальное положение.

Сооружение балочных переходов осуществляется на опорах при пересечении водных и других препятствий, при прокладке трубопроводов на обводнённых, заболоченных, многолетнемерзлых грунтах. Сооружение надземных балочных переходов трубопроводов производят по двум различным конструктивным схемам - с компенсацией продольных деформаций и без компенсации продольных деформаций.

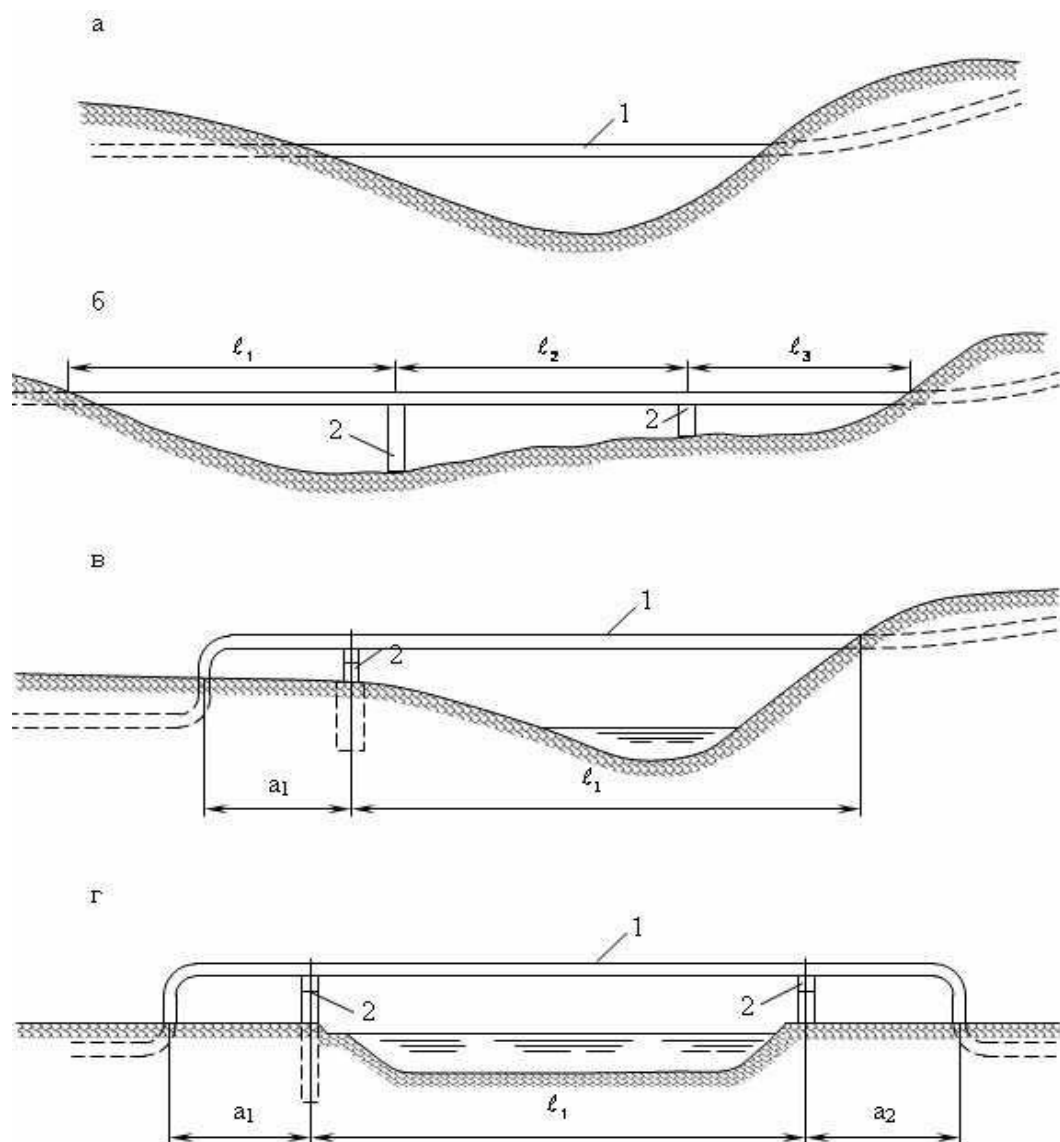


Рисунок 2 – Основные схемы балочных трубопроводов [1, С.12]

а, б – балочные переходы без компенсации продольных деформаций;

а – однопролётный; *б* – трехпролётный; *в, г* – переходы балочные с компенсацией продольных деформаций; *в* – однопролётный, одноконсольный с одним компенсатором; *г* – однопролётный, двухконсольный с двумя компенсаторами; *1* – магистральный трубопровод; *2* – опора (*l₁, l₂, l₃* – длина пролётов балочного перехода; *a₁, a₂* – длина консоли балочного перехода)

Балочные переходы трубопроводов без компенсации продольных деформаций (рис. 2 а) укладываются на свайных промежуточных или монолитных опорах с продольно-подвижными опорными элементами, при которых допускается перемещение трубопровода только вдоль его оси.

Концы открытого участка балочного перехода засыпают грунтом (под трубы подкладывают железобетонные плиты - в мягких грунтах). В местах, где трубопровод выходит из слабосвязанных грунтов, предусматриваются мероприятия, обеспечивающие проектное положение (производится искусственное упрочнение грунта или осуществляется подкладка железобетонных плит). Отсутствие перемещений вызывает возникновение продольных напряжений, возрастающих с увеличением температуры стенок труб и внутреннего давления в трубопроводе.

Такие балочные переходы сооружают при пересечении ущелий, горных рек, оврагов и других препятствий на пути трассы трубопровода.

Балочные переходы трубопровода с компенсацией продольных деформаций имеют особые устройства (компенсаторы), которые устанавливаются на концах надземных участков трубопроводов длиной от двухсот-трехсот метров, а при большей длине трубопроводов дополнительно устанавливаются компенсаторы через каждые 100-300 метров.

Широкое распространение получили П-, Г- и Z-образные компенсаторы, но наличие этих компенсаторов ограничивает возможность использования внутритрубных дефектоскопических устройств и очистных поршней.

Кроме этого, во время сооружения балочных переходов с компенсацией продольных деформаций используются опоры со свободно-подвижными, неподвижными и продольно-подвижными опорными частями различной модификации (например, катковые, скользящие, роликовые).

					Конструкции балочных переходов	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Средние опоры между компенсаторами содержат неподвижные опорные части, те, что ближе к компенсаторам - свободно-подвижные, которые допускают продольные и поперечные перемещения, все остальные опоры имеют продольно-подвижные опорные части.

Кроме того, используют также схему прокладки балочных переходов с изгибом (изломом) в плане всех отдельных участков трубопровода для компенсации продольных деформаций. Излом (или изгиб) осуществляется при помощи криволинейных отводов или конструктивных вставок-отводов, изготавливаемых на заводах или методами холодного гнутья непосредственно на месте проектирования трубопровода.

На нефтепродуктопроводах с диаметром труб от 700 до 1400 мм расстояние между опорами составляет от 25 до 40 метров, а на газопроводах, в свою очередь, от 30 до 50 метров.

Чтобы увеличить пролёты балочных переходов применяются различные консольные балочные системы, а в некоторых случаях усиление наиболее напряжённых участков трубопровода с помощью шпренгельных конструкций или навариванием дополнительных элементов. При этом следует упомянуть, что применяемые шпренгельные конструкции значительно уменьшают габариты под трубопроводом, что совсем неприемлемо для балочных переходов.

Балочные переходы трубопроводов с компенсацией продольных деформаций прокладывают в районах с вечномёрзлыми, заболоченными и обводнёнными грунтами.

Расстояние между двумя соседними опорами в системах балочных переходов трубопроводов с компенсацией продольных деформаций зависит от таких факторов, как: диаметр труб, число и длина пролётов, принятой проектной схемы прокладки, а также от природных особенностей местности.

					Конструкции балочных переходов	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При надземной прокладке трубопроводов или их отдельных участков предусматриваются проектные решения по компенсации продольных перемещений. При различных способах компенсации продольных перемещений трубопроводов применяются отводы, которые допускают проход поршня для очистки полости трубопровода. Допускается проектирование прямолинейных балочных переходов без компенсации продольных перемещений трубопроводов.

При сооружении трубопроводов и их переходов через искусственные и естественные преграды необходимо использовать несущую способность непосредственно самого трубопровода. Кроме того, в отдельных случаях при соответствующих обоснованиях в проектах необходимо предусматривать специальные мосты для прокладки трубопроводов.

Также предусматривается сооружение стационарных площадок в местах установки на трубопроводе арматуры для ее обслуживания. Площадки следует изготавливать из огнестойких материалов. Площадки должны иметь конструкцию, которая исключала бы скопление на них снега и мусора.

Кроме этого, предусмотрены постоянные заграждения из металлической сетки высотой не менее двух метров в местах перехода трубопровода от надземной к подземной прокладке (и наоборот).

Во время проектирования надземных переходов должны быть учтены продольные перемещения трубопроводов в местах их выхода из грунта. Для снижения величины продольных перемещений в местах выхода трубопроводов из грунта применяются подземные компенсирующие устройства или устройство поворотов вблизи перехода. Такие устройства предназначены для того, чтобы воспринимать продольные перемещения подземного трубопровода на участке примыкания к балочному переходу.

Опорные сваи балочных систем трубопроводов сооружают из негорючих и негорючих материалов. Помимо этого, при проектировании надземных балочных трубопроводов предусматривается электроизоляция трубопровода от опор.

Высоту от верха покрытия дорог (или уровня земли) до нижней образующей трубы принимают в соответствии с требованиями [17], при этом она должна быть не менее полуметра.

На участках, где в качестве основания используются вечномёрзлые грунты, высота прокладки трубопроводов над землей должна быть выбрана исходя из условия обеспечения вечномёрзлого состояния грунтов под трубопроводом и его опорами.

В районах с естественной миграцией животных или их массового перегона минимальные расстояния от уровня земли до трубопроводов необходимо принимать по согласованию со всеми заинтересованными в этом организациями.

При прокладке трубопроводов через препятствия, в том числе балки и овраги, расстояние от низа трубы должно быть принято следующее:

- пересечение оврагов и балок — не менее 0,5 м до уровня воды при 5 %-ной обеспеченности;
- пересечение неславных, а также несудоходных рек и больших оврагов, где возможен ледоход, - не менее 0,2 м до уровня воды при 1%-ной обеспеченности и от наивысшего горизонта ледохода;
- пересечение славных и судоходных рек — не менее величины, которая установлена нормами проектирования подмостовых габаритов на судоходных реках и основными требованиями к расположению мостов.

Возвышение низа трубы или пролетных строений при наличии на несудоходных и несплавных реках заломов или корчехода устанавливается особо в каждом конкретном случае, но должно быть не менее 1 м над горизонтом высоких вод (по году 1%-ной обеспеченности).

Когда трубопровод прокладывают через железные дороги общей сети, расстояние от рельсов до низа трубы принимаются по требованиям габарита "С" по [1].

Расстояние в плане от крайней опоры надземного трубопровода должно быть, м, не менее (Таблица 1)

Таблица 1 – Расстояние в плане от крайней опоры трубопровода

Расстояние до подошвы откоса насыпи	Более 5 метров
Расстояние до бровки откоса выемки	Более 3 метра
Расстояние до крайнего рельса железной дороги	Более 10 метров

В местах переходов надземных трубопроводов через овраги, ручьи и другие препятствия следует предусматривать конструктивные решения, которые будут обеспечивать надежную защиту от механических и тепловых воздействий соседних трубопроводов при возможном внезапном разрыве одного из них.

В процессе создания проекта очень важно учесть продольное перемещение трубопровода в том месте, где он из подземного становится надземным. Для этого устанавливаются специальные подземные компенсирующие устройства.

В надземных трубопроводах для укладки труб используются утеплённые короба или кольцевая термоизоляция. При транспортировании под вакуумом или давлением (если диаметр менее 400 миллиметров) используются стальные бесшовные трубы. Применение сварных труб допускается только в случае, если они изготовлены согласно специальным техническим условиям.

Если транспортируется сжиженный газ, то соединение стыков должно осуществляться при помощи сварки. Запорная арматура может быть присоединена посредством фланцевого соединения. Кроме того, фланцевые соединения устраиваются в местах, требующих периодической очистки.

Наиболее оптимальным способом соединения стыков является сварка, которая широко используется в надземных трубопроводах различного назначения.

Для теплоизоляции надземных трубопроводов применяется минеральная вата, стекловолокно или пенополиуретан, защищённые от попадания осадков и воздействия солнечных лучей. Наилучшими теплоизоляционными показателями обладает пенополиуретан. Ещё одним важным преимуществом данного материала является высокая долговечность. Срок службы пенополиуретанового покрытия составляет от десяти до пятнадцати лет.

					<i>Конструкции балочных переходов</i>	<i>Лист</i>
						31
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

3 Основные балочные системы, применяемые при надземной прокладке трубопроводов

При строительстве надземных трубопроводов крайне важно рационально выбрать схему прокладки и правильно сконструировать сооружение, учитывая местные условия (водного режима, грунтовых условий, наличия строительных материалов и механизмов и других условий). От этого зависят не только трудовые и материальные затраты, и, как результат, общая стоимость проектируемого объекта, сроки строительства и условия его безопасной эксплуатации.

Как уже указывалось выше, балочные схемы наиболее просты и дешёвы в строительстве. При обычных условиях надземная прокладка трубопроводов производится без защитных кожухов, которые предохраняют трубы от механических повреждений, а также без использования теплоизоляции. Защитные кожухи применяются лишь в случаях пересечения трубопроводом дорог, а также при расположении трубопроводов вблизи дорог, населенных пунктов или в других случаях, когда это вызвано определенными местными условиями.

При заключении трубопровода в кожух величину пролетов, перекрываемых балочными системами, не всегда удастся увеличить, так как трубопровод под нагрузкой работает как балка с защемленными в грунте концами, а кожух чаще всего — как балка со свободно лежащими концами.

На переходах нет необходимости в устройстве теплоизоляционных покрытий при транспорте не только газа, но также нефти и нефтепродуктов, увеличение вязкости которых происходит за счет понижения температуры, поскольку протяженность надземных участков обычно относительно невелика и температура транспортируемых продуктов за время их прохождения по открытому участку трубопровода практически не изменяется (крайне мало).

					<i>Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Ивкин В.С.</i>			<i>Основные балочные системы</i>		
<i>Провер.</i>		<i>Назаров А.Д.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>		<i>Рудаченко А.В.</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						32	110
					<i>ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т</i>		

При значительной протяженности открытых участков необходимо обязательно проверять влияние перепадов температуры перекачиваемого продукта не только на режим работы всего трубопровода, но также влияние на работу насосных и компрессорных станций. [11, стр. 119]

Балочные конструкции, по сути, являются самонесущими конструкциями. В отдельных случаях, при перекрытии больших пролетов может понадобиться их усиление, которое производится за счет наварки на трубы дополнительных элементов постановки наклонных вант и установки шпренгелей. Применяются также прокладка трубопроводов по мостам или специальным эстакадам.

					Основные балочные системы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

3.1 Прямолинейная прокладка трубопроводов без компенсации продольных деформаций

Самыми простыми и наиболее распространенными в строительстве трубопроводов являются однопролетные переходы без компенсации продольных деформаций. При достаточно устойчивых грунтах в местах пересечения небольших оврагов и рек трубопровод прокладывается прямолинейно, без устройства специальных опор в местах выхода его из грунта. При слабых грунтах, неустойчивых откосах и при максимальных расчетных пролетах в местах выхода трубопровода из грунта устраивают опоры в виде железобетонных плит. Трубопровод укладывают поверх плит на слое песка толщиной 10-15 см. Расчетную длину открытого участка трубопровода при отсутствии опорных плит принимают равной пролету в свету плюс 1-3 м. Последняя величина устанавливается в зависимости от плотности грунта в местах выхода трубопровода из земли и устойчивости откосов. [11, С.120]

При возможности размыва берегов или откосов пролет должен дополнительно уменьшаться на величину ожидаемого размыва. В том случае, когда под трубопровод подкладываются железобетонные плиты в местах его выхода из земли, расчетный пролет принимают равным расстоянию между центрами плит.

В трех или четырехпролетных схемах прокладки крайние пролеты выполняются немного меньше средних пролетов. Расчетную величину крайних пролетов назначают равной от 0,8 до 0,9 расчетной величины средних пролетов в зависимости от принятых методов сооружения.

Применяемые схемы прокладки существуют как симметричные, так и несимметричные, как с равными, так и отличными друг от друга пролетами. Расположение трубопроводов осуществляется горизонтально или наклонно, в зависимости от рельефа местности. [11, С.120]

					Основные балочные системы	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При пологих берегах устраивают насыпь для четкого разграничивания подземной и надземной частей, а также для уменьшения длины участка трубопровода, находящегося в неблагоприятных условиях переменной влажности.

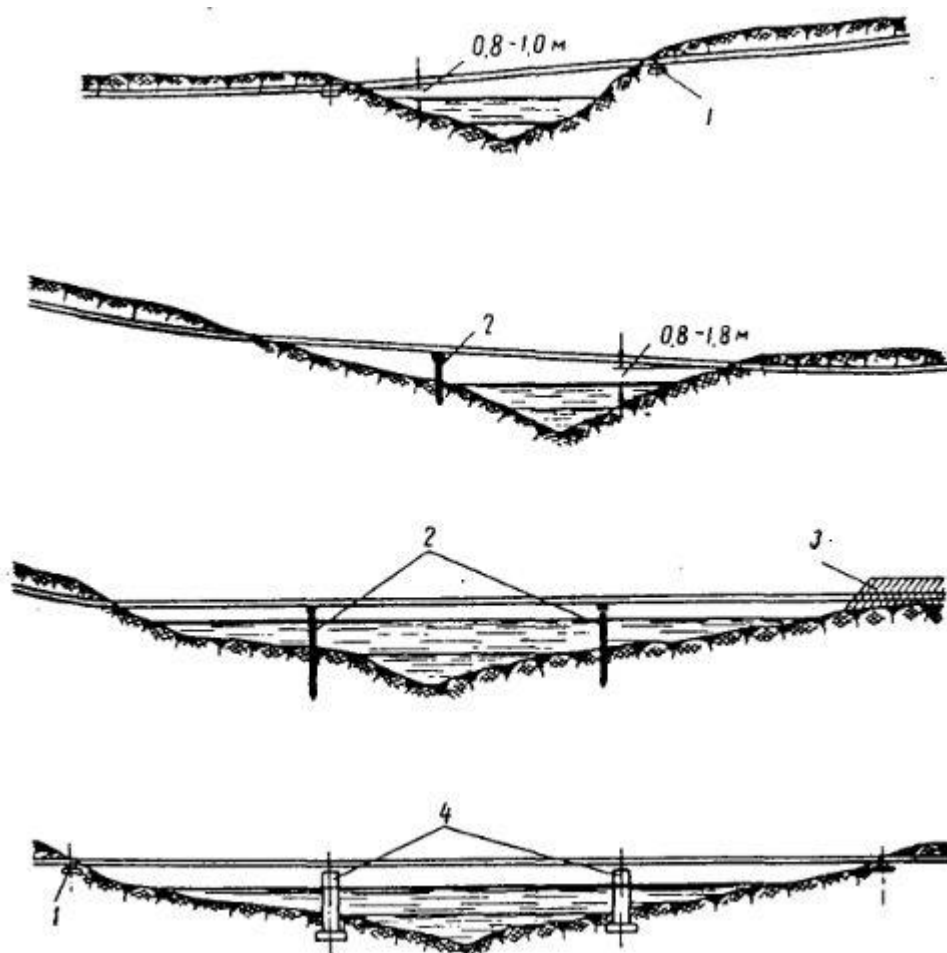


Рисунок 3 – Прямолинейная балочная схема без компенсации продольных деформаций [11, С.121]

1 – плита железобетонная, 2 – свайная опора, 3 – насыпь, 4 – столбы.

3.2 Прокладка трубопроводов с компенсаторами

Продольные деформации, возникающие в трубопроводах от изменения температуры стенок труб и внутреннего давления, могут компенсироваться путем компенсации путем установки Г- и П-образных или трапецеидальных компенсаторов. Также возможно применение сальниковых и линзовых компенсаторов. [11, С.123]

При наличии компенсации продольных деформаций расчетные пролеты получаются значительно большими, чем в случае прямолинейной прокладки без компенсации продольных деформаций. С компенсаторами более четкой становится работа трубопровода, поскольку в нем на прямолинейных участках в продольном направлении, помимо напряжений от поперечных изгибов, возникают лишь растягивающие напряжения от внутреннего давления, если не учитывать незначительные напряжения, вызываемых отпором компенсаторов.

В трубопроводах с компенсаторами, находящихся под давлением, значительные продольные сжимающие напряжения не возникают. [11, С.123]

Недостатками применения Г- и П-образных компенсаторов является увеличение расхода труб и невозможность пропуска через них скребков для очистки внутренней полости трубопровода. Наибольшие пролеты, которые могут перекрываться балочными самонесущими конструкциями, получаются в консольных схемах, в основном в однопролетных. В консольных схемах компенсаторы устанавливают наклонно под углом к горизонту более 35 градусов или горизонтально. При этом они не воспринимают на себя вертикальных нагрузок, в отличие от вертикальных компенсаторов-стоек. При наклонном расположении компенсаторов их вылет не ограничивается высотой расположения трубопровода над землей. Длину консолей можно подобрать таким образом, что они значительно разгрузят примыкающие к ним пролеты.

В одно и двухпролетных системах можно придать трубопроводу небольшой строительный подъем путем увеличения длины консолей.

На напряженном состоянии однопролетных консольных систем не сказывается осадка опор, поэтому они получаются достаточно легкими. Однако данные балочные системы имеют довольно невысокую жесткость, что может препятствовать применению на газопроводах максимальных пролетов, полученных в результате расчетов.

В зависимости от рельефа местности и протяженности участка консоли с компенсатором на конце могут быть расположены с одной, а в многопролетных системах также и в средней части открытого участка. Компенсаторы не обязательно устанавливаются с уклоном вниз, их также устанавливают с наклоном вверх, если по условиям местного рельефа требуется поднять трассу трубопровода. [11, С.124]

В однопролетных переходах трубопроводы должны свободно перемещаться в продольном направлении, при этом конструкции опор должны быть такими, чтобы они могли воспринимать ветровые нагрузки без поперечных смещений трубопровода.

Когда применено три и более пролетов, в тех случаях, когда компенсаторы установлены с двух концов открытого участка, одну их промежуточных опор делают неподвижной, на которой трубопровод закрепляется неподвижно. Если имеются и промежуточные компенсаторы, тогда неподвижные опоры сооружают в средней части каждого прямолинейного участка, располагаемого между компенсаторами. [11]

Прокладка трубопроводов с использованием компенсаторами намного сложнее и дороже, чем прямолинейная прокладка. По этой причине она применяется при длине открытых участков свыше 60 метров, числе четырех пролетов, а также в тех местах, где невозможно применение прямолинейной прокладки по условиям местного рельефа. Консольные системы целесообразны также при расположении надземной части трубопровода выше уровня земли, когда его требуется несколько приподнять сразу после выхода трубопровода из земли. [11, С.125]

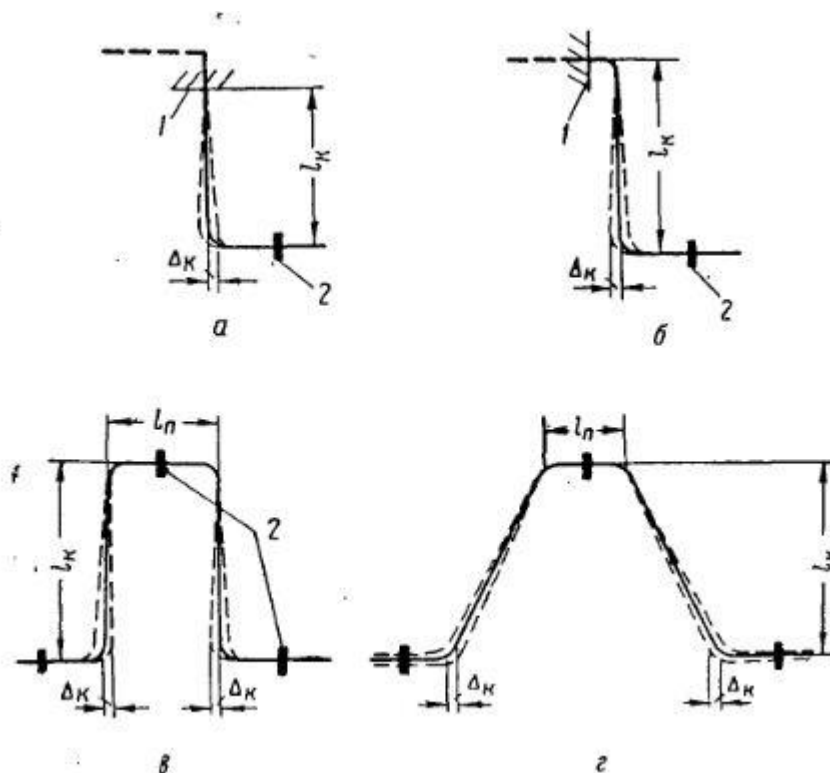


Рисунок 4 – Схемы компенсаторов [11, С.123]

а – Г-образный; б – Z-образный; в – П-образный; г – трапецидальный; l_k – вылет компенсатора; l_n – спинка компенсатора; Δ_k – продольное перемещение; 1 – выход из грунта; 2 – опора.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.3 Зигзагообразная прокладка трубопроводов в виде «змейки».

С целью компенсации продольных деформаций трубопроводы можно прокладывать криволинейно в виде пологой дуги или двух прямых участков, направленных друг к другу под углом с криволинейным сопряжением. Такой метод прокладки применим при длине открытых участков до 180-240 метров, когда число не превышает шести — восьми. [11, С.127]

При большей длине рационально применение зигзагообразной укладки трубопровода в плане в виде горизонтальной «змейки» с расстояниями между мертвыми опорами 120-260 метров. В вершине вваривают колена, изогнутые радиусом, равным пяти-сорока диаметрам труб. При такой прокладке трубопровод от изменения температуры перемещается не столько в продольном, сколько в поперечном направлении, на что должны быть рассчитаны подвижные опоры.

При прокладке трубопровода в виде «змейки» длина его получается меньше, чем при прямолинейной с постановкой П- и Г-образных компенсаторов.

Преимуществом зигзагообразной прокладки трубопроводов является также то, что возможна очистка трубопровода «ершом». [11, С.128]

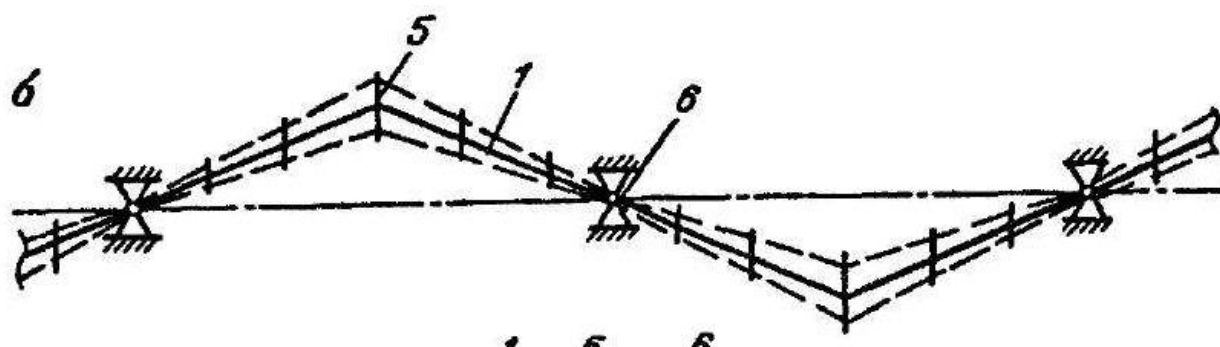


Рисунок 5 – Зигзагообразная прокладка трубопровода

Монтировать трубопровод при зигзагообразной прокладке удобнее из заранее сваренных прямолинейных плетей, длина которых равна расстоянию между угловыми вставками — коленами. Подготовленные плети укладывают на опоры в требуемом положении, после чего вваривают колена и трубопровод закрепляют на неподвижных опорах. [11, С.128]

3.4 Усиленные балочные конструкции.

При прокладке трубопровода над землей — через овраги, реки и каналы — иногда максимальный пролет, который назначается при таком сортаменте труб, получается недостаточным, а переход к арочным или висячим системам сильно усложняет конструкцию и значительно увеличивает ее стоимость. Чтобы немного увеличить перекрываемый пролет можно путем усиления сечения трубопровода в наиболее напряженных местах наваркой дополнительных элементов (рис. 6). с

Балочные переходы усиливают также постановкой наклонных подвесок-вант или устройством шпренгелей. Применение шпренгелей позволяет увеличивать пролет. Шпренгели не всегда применимы, так как они стесняют габарит под трубопроводом, а также из-за усложнения конструкции и значительного увеличения высоты пролетной части шпренгельные системы имеют ограниченное распространение.

Такие конструктивные решения достаточно сложны и крайне неэкономичны. [11, С.129]

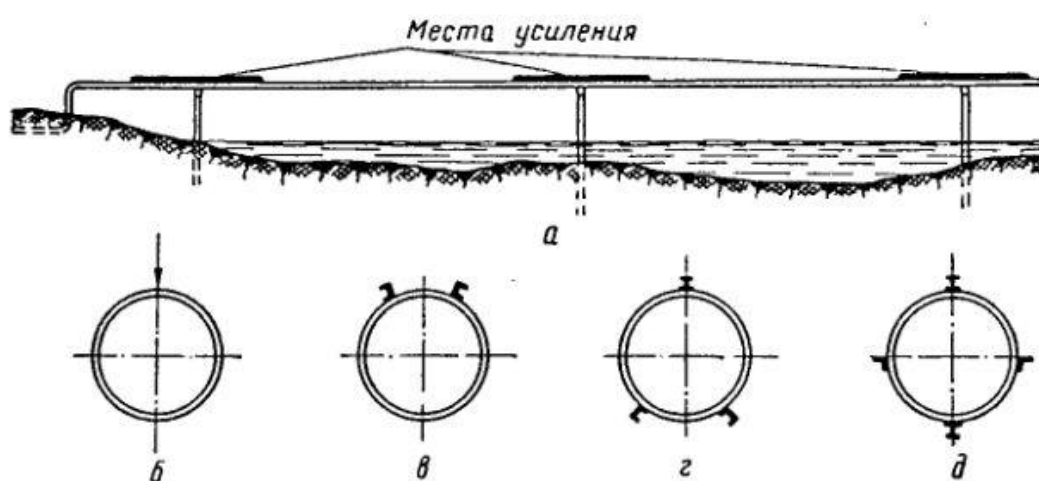


Рисунок 6 – Увеличение перекрываемого пролета за счет наварки на трубы дополнительных элементов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4 Конструкции опор балочных переходов

Конструкция опор зависит как от метода прокладки и прикладываемых к опорам усилий, так и от других факторов, например от материала, топографических и грунтовых условий, методов производства работ, высоты опор.

При строительстве надземных участков трубопроводов используют следующие виды опор:

1. плитные опоры – для того, чтобы усилить основания под трубопроводом на его крайних опорах;
2. свайные опоры – применяются в вечномёрзлых или слабых грунтах;
3. опоры на стойках и рамные опоры – когда не требуется сильного углубления опор или когда погружение свай затруднено;
4. опоры из блоков – используют на достаточно плотных грунтах с небольшим заглублением;
5. монолитные опоры из бутобетона, бутовой кладки и других материалов - применяются, когда опоры разнотипные или при наличии местных материалов.

Закрепление трубопровода на опорах производится при помощи опорных частей.

Применяются следующие разновидности опорных частей:

а) продольно-подвижные, обеспечивающие перемещение трубопровода только вдоль его оси (роликовые, катковые, скользящие, подвесные, перемещающиеся за счёт изгиба опор при шарнирном креплении трубопровода или за счёт использования качающихся стоек);

					Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Конструкции опор балочных переходов				Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Ивкин В.С.									
Провер.		Назаров А.Д.								42	110
Реценз.									ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т		
Н. Контр.											
Утверд.		Рудаченко А.В.									

б) свободно-подвижные, которые позволяют трубопроводу перемещаться в любых направлениях в горизонтальной плоскости (роликовые и скользящие);

в) неподвижные – анкерные с надежным жёстким креплением трубопровода к опоре, которые вращаются на вертикальной оси.

Плитные опоры. Плитные опоры устанавливаются под трубопровод в местах его опирания на грунт, что обеспечивает распределение опорного давления на значительную площадь и позволяет зафиксировать длину пролёта. Устройство плитных опор требуется, когда несущая способность грунтов составляет менее $1,5-2 \text{ кгс/см}^2$, при высоких опорных давлениях и неустойчивости откосов. Размер плит определяется в зависимости от условий передачи давления на грунт, при этом длина стороны плит должна быть не менее 0,4 м. Плиты выполняют обычно из железобетона. Плитные опоры также применяются на крайних опорах в местах, где трубопровод выходит из грунта, а также их можно применять на промежуточных грунтовых опорах, при этом трубопровод укладывают на слой песка толщиной 12-18 см. Кроме того используются и плиты с ложем, пропорционально диаметру трубопровода (рис. 7).

Свайные опоры. На надземных участках трубопроводов свайные опоры применяют очень часто. При устройстве свайных опор не требуется проведение трудоемких земляных работ, которые обычно выполняются с интенсивным водоотливом. Сваи, помимо вертикального давления, также могут воспринимать и высокие горизонтальные нагрузки.

					Конструкции опор балочных переходов	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

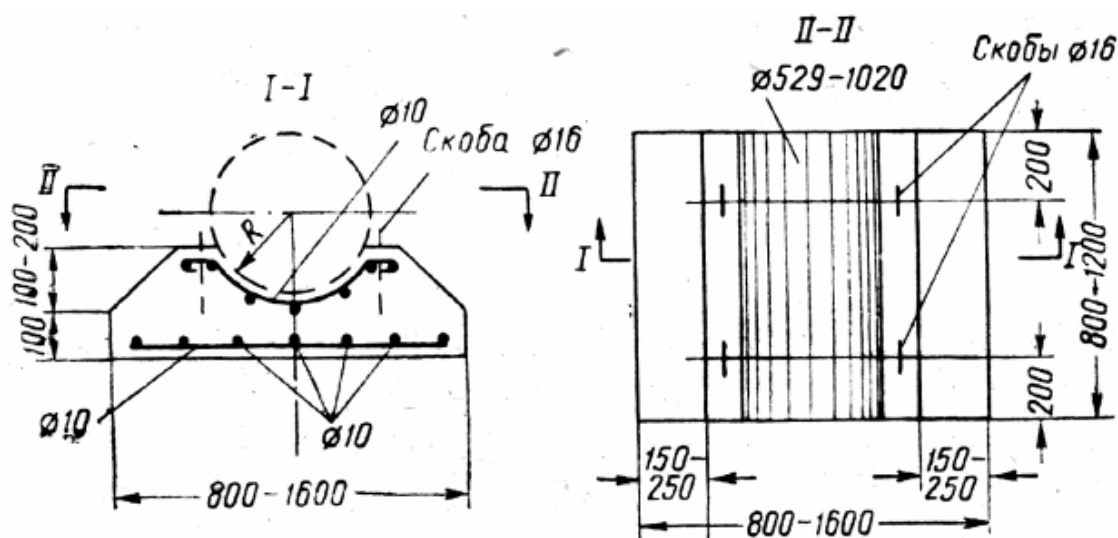


Рисунок 7 – Плитная опора с ложем для укладки трубопровода [1, стр.16]

В зависимости от условий грунта, используемого оборудования и механизмов, наличия материала и других факторов применяют железобетонные, деревянные и металлические сваи. Для металлических свай чаще используют трубы с дальнейшим заполнением их бетоном. Опоры обычно состоят из одной, четырёх и более свай. Для промежуточных опор обычно бывает достаточно одной или двух свай, анкерные опоры устраиваются из двух-четырёх свай. Сваи поверху между собой связывают схватками или ригелями.

На рисунке 8 представлены железобетонные свайные опоры для прокладки трубопроводов на болотах: скользящая промежуточная опора (рис. 8, а) состоит из двух свай, неподвижная с вращающимся шарниром (рис. 8, б) – из четырёх свай. На опорах имеется электроизоляция трубопровода от грунта, которая необходима при наличии электрической защиты трубопровода от коррозии на примыкающих подземных участках. На подвижной опоре сваи с ригелем соединяют путём омоноличивания бетоном, на неподвижной опоре – сваркой металлических закладных деталей.

Опоры из блоков. Опоры из железобетонных блоков можно применять при всех методах надземной прокладки трубопроводов. Для балочных систем они будут отличаться, главным образом, устройством опорных частей. Применяют блоки, укладываемые с небольшим заглублением в грунт, и опоры из блоков, имеющие значительное заглубление. Каждая из опор может состоять из одного или нескольких блоков. Опоры из железобетонных блоков, обычно пустотелых, удобны для монтажа и при небольшой высоте опор весьма экономичны.

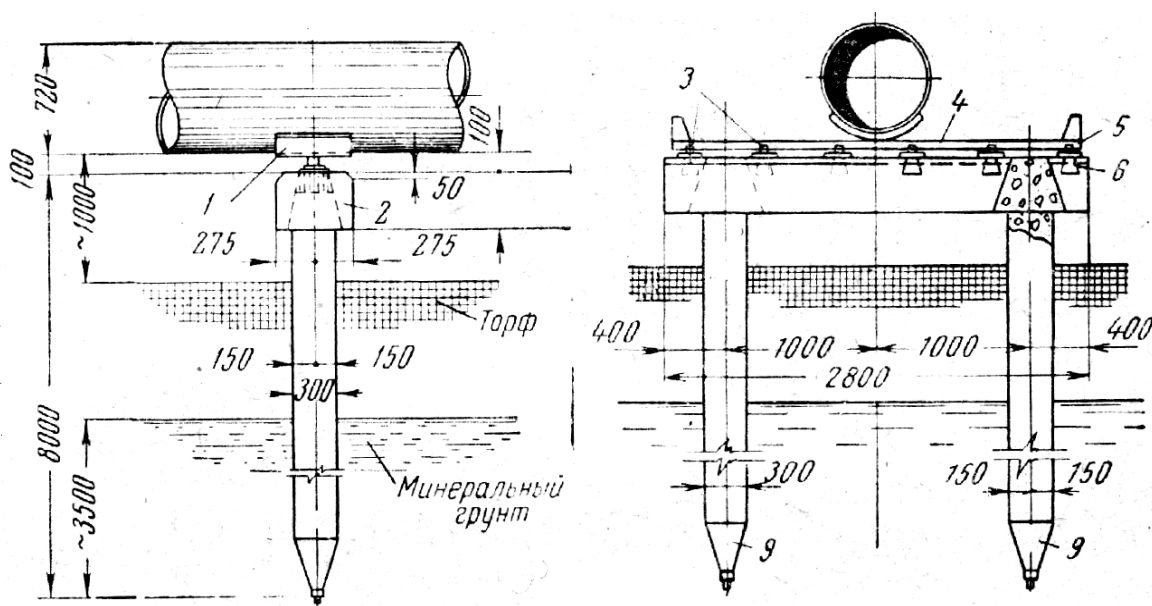


Рисунок 8, а – Железобетонные промежуточная скользящая свайная опора [1]

1 – металлическая опорная подкладка; 2 – железобетонная насадка сборная; 3 – глухари; 4 – рельс; 5 – подкладка электроизолирующая; 6 – электроизолирующие пробки; 7 – металлическая ось опоры; 8 – металлические соединительные косынки; 9 – железобетонные сборные сваи

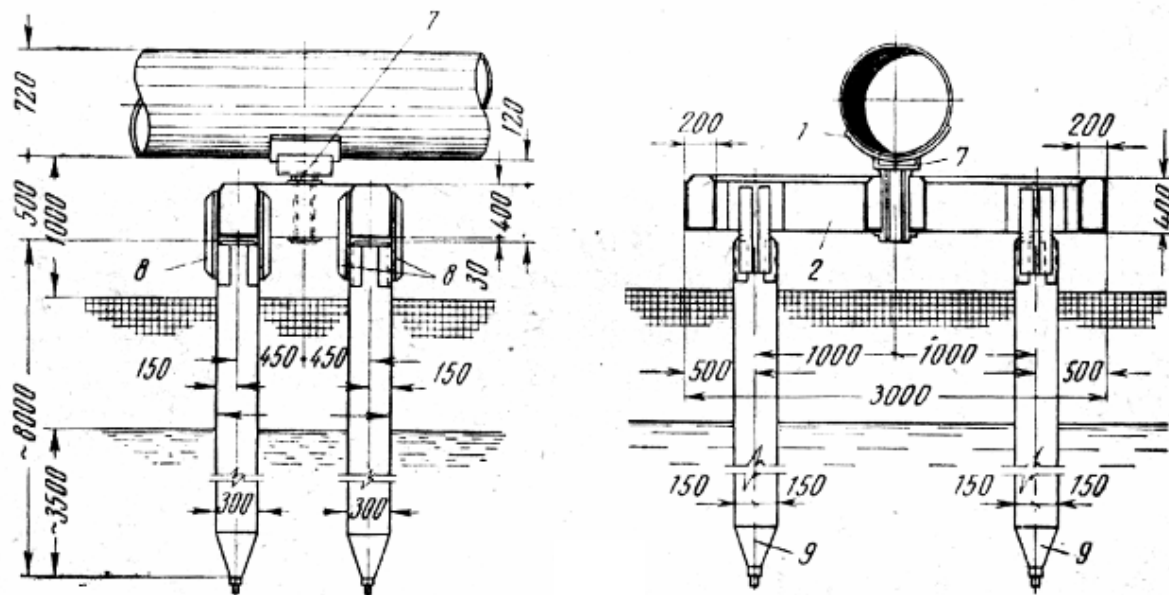


Рисунок 8, б – Железобетонная неподвижная с вращающимся шарниром
свайная опора [1, стр.17]

1 – металлическая опорная подкладка; 2 – железобетонная насадка сборная; 3 – глухари; 4 – рельс; 5 – подкладка электроизолирующая; 6 – электроизолирующие пробки; 7 – металлическая ось опоры; 8 – металлические соединительные косынки; 9 – железобетонные сборные сваи

Монолитные опоры. Монолитные опоры из бетона устраивают чаще всего в тех случаях, когда однотипные надземные переходы на данной трассе устанавливают в небольшом количестве. Форма, конструкция и глубина заложения опор зависят от системы надземной прокладки, величины пролёта, диаметра трубопровода, рельефа местности и грунтовых условий.

Продольно-подвижные опоры. Допускается перемещение трубопровода только вдоль его оси. Они применяются в виде подвижных опорных частей при прямолинейной прокладке трубопроводов, как с компенсаторами, так и без компенсаторов. Довольно часто используют скользящие опорные части.

На рисунке 9 показаны скользящие опорные части для газопровода диаметром 720 мм. Верхняя площадка, скользящая по опорной плите, приварена к трубопроводу (рис. 9, а); верхняя площадка приварена к хомуту, который обжимает трубопровод (рис. 9, б).

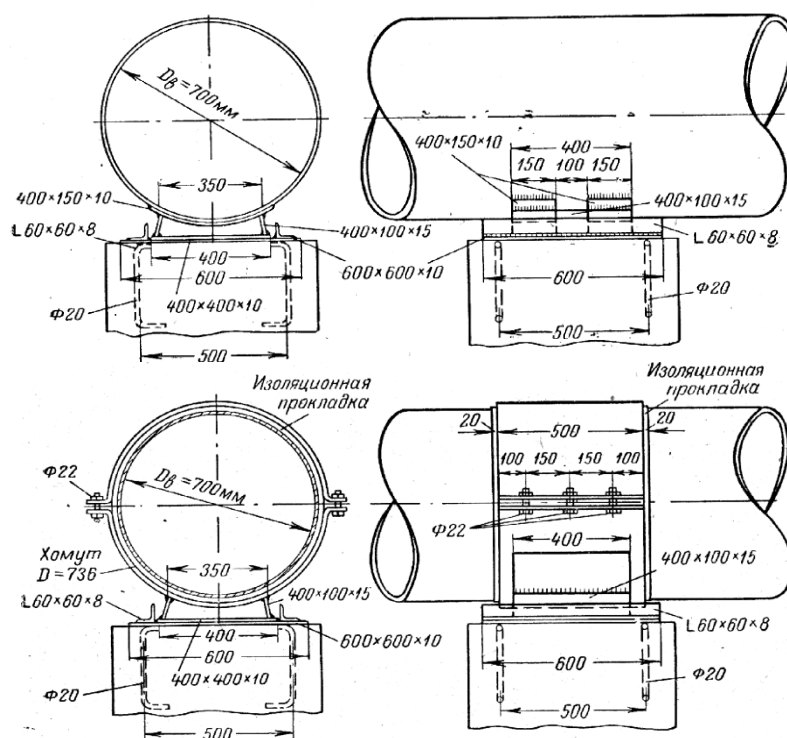


Рисунок 9 – Продольно-подвижные скользящие опорные части [1, стр.18]

а – без электроизоляции трубопровода от опоры; б – с электроизоляцией трубопровода от опоры

Между трубопроводом и хомутом прокладывается электроизоляционный слой, необходимый при наличии подземных участков электрической защиты труб от коррозии. Электроизоляция может быть выполнена из резины, нескольких слоёв липкой полиэтиленовой или иной плёнки, а также из бризола.

Скользящие плоскости смазываются графитовой или иной смазкой. Также дополнительно прокладывается антифрикционный материал между скользящими плоскостями. Упорные уголки, приваренные к нижней опорной плите, закреплённой на опоре, препятствуют поперечному смещению опорных частей. В приведённых на рисунке 6 опорных частях скользящая площадка, опирающаяся на плиту, имеет слишком большую длину (вдоль оси трубопровода), при которой трудно достигнуть её опирания по всей площади и центральной передачи усилия на опору. Исходя из опорной реакции, достаточно иметь размер вдоль оси трубопровода 100-150 мм.

Благодаря простотой конструкции скользящие опорные части имеют широкое распространение, но их недостатком является значительный коэффициент трения (от 0,15 до 0,50), вследствие чего от вертикальной нагрузки на опоры передаются относительно большие горизонтальные усилия. При относительно большой высоте опор это приводит к усложнению их конструкции и значительному увеличению стоимости таких опор. Уменьшение передаваемых горизонтальных реакций на опоры, достигается за счет применения катковых опорных частей, представленные на (рис. 4.4).

На рисунке приведена опорная часть, имеющая только один каток с пазами, в которые входят направляющие реборды нижней опорной плиты (рис. 10, а). Из-за того, что каток во время движения часто поворачивается и заклинивает или постепенно сдвигается к краю, это является существенным недостатком таких опорных частей.

Опорная часть, состоящая из трёх катков, связанных между собой жёсткой рамкой, приведена (рис. 10, б) Такие тележки в меньшей степени подвергаются смещению и перекосам.

Свободно-подвижные опорные части. Свободно-подвижные опорные части не должны ограничивать перемещение трубопровода в расчётных пределах ни в продольном, ни в поперечном направлениях (рис. 11).

Вся верхняя часть опоры металлическая или опора железобетонная, а трубопровод скользит по металлической полосе. В месте опирания трубопровода к нему приваривают подкладку из части аналогичной трубы или устанавливают хомут. Под хомутом может быть проложен слой.

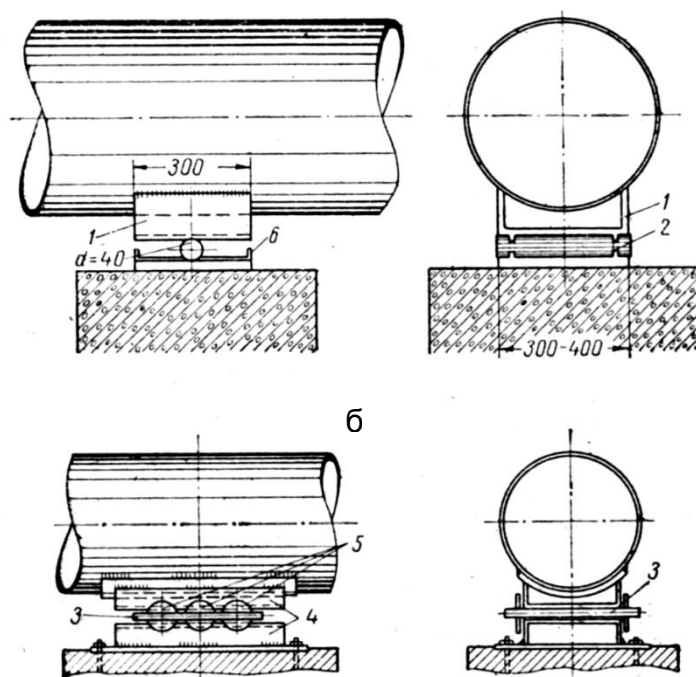


Рисунок 10 – Катковые продольно-подвижные опорные части [1, стр.20]

а – с одним катком; *б* – с тремя катками;

1 – швеллер; *2* – реборды; *3* – рамка, связывающая катки; *4* – опорные площадки из швеллеров; *5* – катки с уплотнительными кольцами; *б* – упор

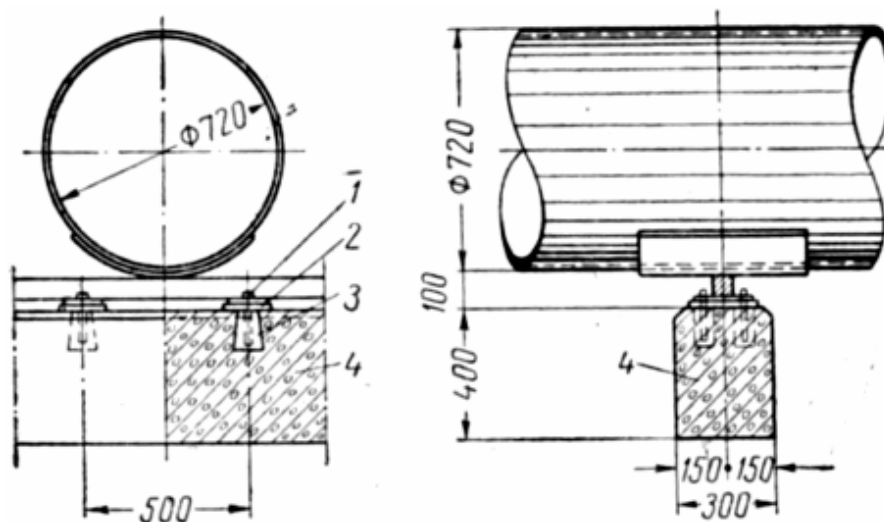


Рисунок 11 – Свободно-подвижная опорная часть с электроизоляцией трубопровода от опоры [1, стр.20]

1 – глухари; 2 – изолятор; 3 – пробки; 4 – ж/б насадка

Несмотря на то, что длина площадки скольжения назначается больше ожидаемого перемещения не менее чем в полтора раза, по концам её делают упоры, предохраняющие трубопровод от падения. Трущиеся части регулярно смазывают графитовой или иной устойчивой смазкой.

Свободно-подвижные скользящие опорные части (рис. 11) не требуют столь точной укладки на них трубопровода, как продольно-подвижные скользящие или катковые опорные части. Кроме того, установку такой опорной части можно выполнить, не демонтируя трубопровод, например путём забивания двух-четырёх свай около трубопровода и установкой металлического швеллера между ними.

Неподвижные опорные части. Неподвижные опорные части применяют во всех надземных балочных системах прокладки трубопроводов. Обычно применяют вращающееся или жёсткое крепление трубопровода к опорам. Вращающееся крепление выполняют на металлической оси, обычно из трубы. Жёсткое крепление может быть выполнено хомутами (рисунок 12).

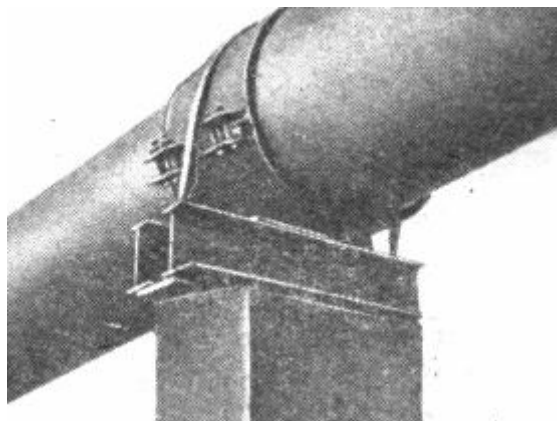


Рисунок 12 – Неподвижная опорная часть в виде хомутов на металлической опоре [1, стр.21]

Подвесные опоры. Подвесные опоры применяют, главным образом, в качестве подвижных опор при зигзагообразной прокладке трубопроводов в виде «змейки». Пример их использования – при надземной прокладке трубопроводов в Республике Коми. Подвесные опоры создают малые сопротивления при продольном и поперечном перемещениях трубопровода, позволяют легко регулировать положение трубопровода по высоте.

Однако при этом трудно исправить его положение в плане. При подвесных опорах, вследствие малой жёсткости системы, последняя более подвержена колебаниям от ветра. При перегрузке опор возможен обрыв подвесок, что влечёт за собой падение трубопровода на участке значительной протяжённости.

Чтобы предотвратить падение трубопровода при обрыве одной из подвесок подвесные опоры приходится ставить чаще, чем скользящие. Усложняется при подвесных опорах и монтаж. При зигзагообразной прокладке трубопроводов система становится более надёжной, если часть подвесных опор, находящихся рядом с неподвижными заменить скользящими.

На рисунке 13 показаны деревянные опоры, которые раньше применялись в надземных газопроводах в Республике Коми: простейшая подвесная с деревянным опорным лежнем (рисунок 13, а) и более совершенная – неподвижная с бетонными башмаками и металлическими оттяжками (рисунок 13, б). Оттяжки имели талрепы для их натяжения при монтаже и во время эксплуатации.

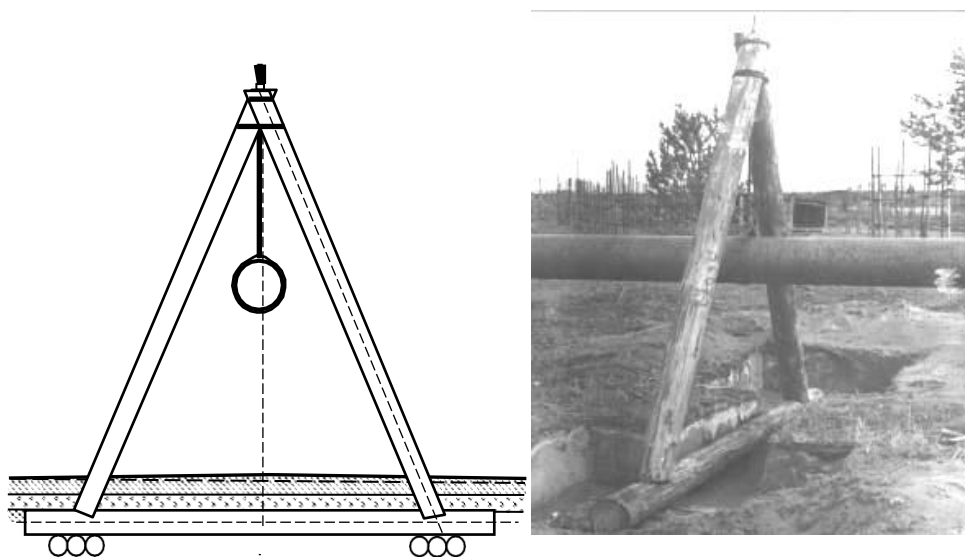


Рисунок 13, а – Деревянные опоры надземных балочных переходов [1, стр.22]

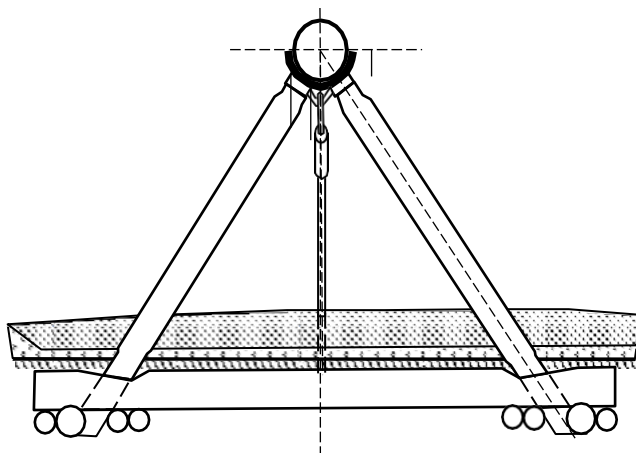


Рисунок 13, б – Деревянные опоры надземных балочных трубопроводов

В настоящее время деревянные конструкции опор надземных балочных переходов не применимы. [1, стр.22]

Подвесная опора для магистрального трубопровода диаметром 720 мм, приведённая на (рис. 14), выполнена в виде замкнутой железобетонной рамы, опирающейся на железобетонные сваи. При наличии электроизоляции на участках подземного трубопровода, прилегающих к надземному, изолируют от земли и надземную часть. Однако приведённая на рисунке 10 опора усложняет монтаж трубопровода, так как сваренные из труб плети приходится заводить внутрь замкнутой рамы. Обычно для удобства монтажа сваи связывают ригелями, на которые после укладки на них плети трубопровода устанавливают треугольные рамы с подвесками.

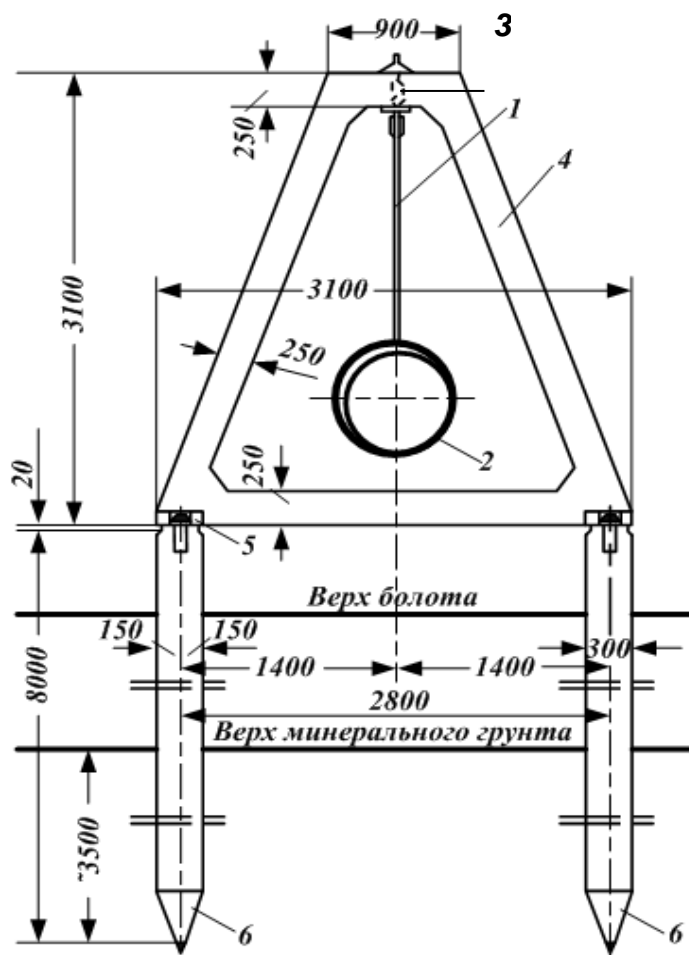


Рисунок 14 – Железобетонная опора [1, стр.23]

1 – подвес трубопровода; 2 – труба; 3 – крепление подвеса; 4 – железобетонная рама; 5 – узлы крепления рамы к сваям; 6 – сваи

Грунтовые опоры. Грунтовые опоры применяют в виде отсыпок, на которые укладывают железобетонные или деревянные конструкции (плиты, рамы и др.) с металлическими опорными частями, и в виде грунтовых призм, сквозь которые проходит трубопровод.

Грунтовые опоры применяют в районах Севера и вечной мерзлоты, на болотах, на поймах рек, где нет сильного течения воды, в пустынях.

На рисунке 15 приведена грунтовая опора с железобетонной плитой с подвижной опорной частью (рисунок 15, *а*) и с неподвижной опорной частью (рисунок 15, *б*).

Плита снизу имеет рёбра, препятствующие сдвигу по грунту. Плиту можно заменить горизонтальной прямоугольной или Н-образной рамой, а также шпалерами (рисунок 15, *а*, вариант 1).

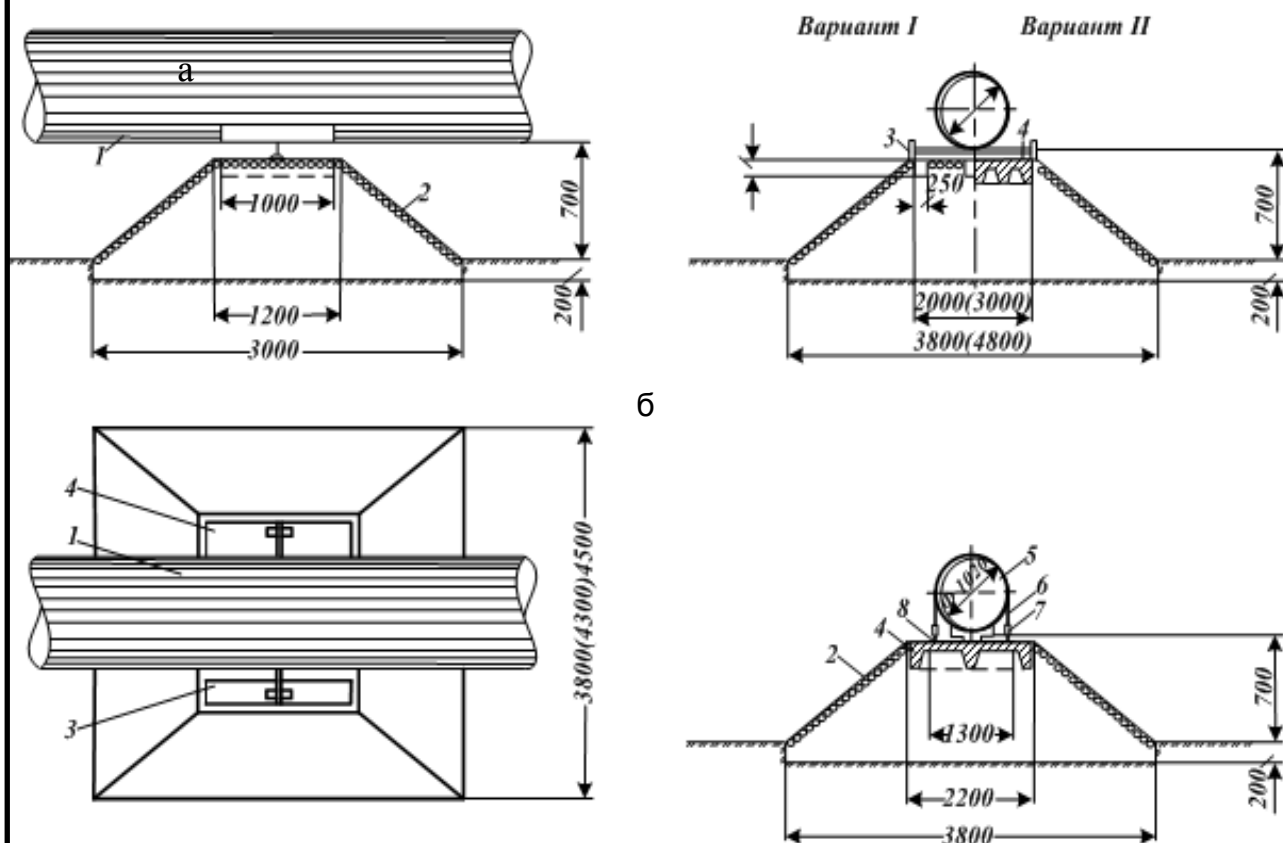


Рисунок 15 – Грунтовая опора с железобетонными конструкциями, передающими нагрузку на грунт [1, стр.24]

а – свободно-подвижная в двух вариантах со скользящей опорной частью для прокладки трубопроводов с самокомпенсацией; *б* – неподвижная; 1 – трубопровод; 2 – мощность; 3 – железобетонные шпалы; 4 – железобетонная плита; 5 – стальная скоба; 6 – тяги; 7 – стяжная муфта; 8 – стальной лист.

Размеры земляных отсыпок определяются необходимой высотой прокладки трубопровода, характером грунта, из которого они выполняются, заложением откосов, размерами распределительных конструкций, укладываемых на земляные отсыпки, и величиной горизонтальных усилий. Чаще всего достаточно по верху земляной отсыпки сделать площадку размером от $1,2 \times 1,8$ до 2×3 м. Откосы отсыпок укрепляют травами, дёрном или мостят камнем. При прямолинейной прокладке трубопроводов без компенсации продольных деформаций можно применять такие грунтовые опоры, на которых трубопровод не имеет возможности смещаться в поперечном направлении, и следовательно, в какой-то степени ограничиваются его продольные перемещения.

Грунтовые опоры имеют форму, близкую к усечённой пирамиде. Высота опор определяется необходимым расстоянием от земли до низа трубы, диаметром труб, прогибом между опорами и высотой слоя грунта над трубой.

					Конструкции опор балочных переходов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

5. Расчетная часть

5.1 Характеристика стали перехода

Таблица 2 – Химический состав стали 17Г1С-У

С, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	N, %	Cu, %	As, %
0.15-0.2	0.4-0.6	1.15-1.6	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08

Таблица 3 – Механические свойства стали 17Г1С-У

σ_B , МПа	σ_t , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	KCU, кДж/м ²
520	360	23	-	-

					Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Расчетная часть		
Разраб.	Ивкин В.С.						
Провер.	Назаров А.Д.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.	Рудаченко А.В.				ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т		
					Лит.	Лист	Листов
						57	110

5.2 Предварительная оценка толщины стенки трубопровода

Расчетные сопротивления растяжению (сжатию) R_1 и R_2 следует определять по формулам [17, С.58]:

$$R_1 = \frac{R_1^H m}{k_1 k_H}, \quad (5.1)$$

$$R_1 = \frac{540 \cdot 0,90}{1,47 \cdot 1,05} = \frac{486}{1,54} = 315,58 \text{ МПа},$$

где R_1^H - нормативное сопротивление металла трубопровода сварных соединений растяжению (сжатию) и изгибу;

m – коэффициент условной работы, определяемый по [6, таблица 1];

k_1 - коэффициент надёжности по материалу, который учитывает качество; материала труб с учётом реальной технологии их изготовления, допусков на толщины стенок и степени контроля сварных соединений, принимается по [6, таблица 9];

k_H – коэффициент надёжности по назначению трубопровода, учитывающий внутреннее избыточное давление, диаметр трубопровода и его назначение, согласно [17, таблица 11]:

$$R_2 = \frac{R_2^H m}{k_2 k_H}, \quad (5.2)$$

$$R_2 = \frac{390 \cdot 0,90}{1,15 \cdot 1,05} = \frac{351}{1,2075} = 290,68 \text{ МПа},$$

где k_2 – коэффициент надёжности по материалу, учитывающий способ изготовления и его прочностные характеристики, прямо – и спиральношвённых труб из малоуглеродистой и низколегированной стали, принимается согласно [17, таблица 10];

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

k_H – коэффициент надёжности по назначению трубопровода, учитывающий внутреннее избыточное давление, диаметр трубопровода и его назначение;

R_2^H - нормативное сопротивление металла трубы и сварных соединений растяжению (сжатию и изгибу);

Таким образом, толщина стенки определяемая по формуле (5.3):

$$\delta = \frac{n_p D_H P}{2(R_1 + n_p P)}, \quad (5.3)$$

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 7,5 \cdot 1020}{2 \cdot (315,58 + 1,1 \cdot 7,5)} = \frac{8415}{647,66} = 12,9 \text{ мм},$$

где n_p – коэффициент надёжности, зависящий от внутреннего рабочего давления в трубопроводе, определяемый по [17, таблица 13];

P - нормативное рабочее давление, МПа

D_H – наружный диаметр трубопровода, мм.

Внутренний диаметр магистрального нефтепровода находится разностью данных, по формуле [2, С.58]:

$$D_{BH} = D_H - 2 \delta, \quad (5.4)$$

$$D_{BH} = 1020 - (2 \cdot 12,9) = 994,2 \text{ мм} = 0,994 \text{ м}.$$

Площадь поперечного сечения трубопровода определяется по формуле [2, С.49]:

$$S_{CT} = \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_{BH}^2), \quad (5.5)$$

$$S_{CT} = 0,785 \cdot (1,0202^2 - 0,9942^2) = 0,0411 \text{ м}^2.$$

Осевой момент инерции поперечного сечения трубопровода при изгибе вычисляется по формуле [2, С.49]:

$$J = \frac{\pi}{64} (D_H^4 - D_{BH}^4), \quad (5.6)$$

$$J = 0,049 \cdot (1,082432 - 0,976215) = 0,005211 = 0,0052 \text{ м}^4$$

Момент сопротивления сечения трубопровода обозначается W_s и рассчитывается по формуле: [2, С.49]

$$W_s = \frac{\pi}{32} \cdot (D_H^4 - D_{BH}^4) / D_H, \quad (5.7)$$

$$W_s = 0,098 \cdot \frac{(1,082432 - 0,976215)}{1,02} = 0,098 \cdot \frac{0,106217}{1,02} = 0,010205 = 0,0102 \text{ м}^3$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

5.3 Определение нагрузок, действующих на трубопровод

По СНиП 2.05.06 – 85* при расчётах магистральных трубопроводов должны учитываться нагрузки и воздействия, возникающие при их сооружении, испытании и эксплуатации. Нагрузки и воздействия, а также вызываемые ими усилия и напряжения, установленные нормативными документами на основании статического анализа называются нормативными.

Расчётные значения нагрузок и воздействий определяются умножением нормативных величин на коэффициент надёжности по нагрузке, учитывающий возможные отклонения их в неблагоприятную сторону.

Основные положения и правила определения нагрузок и воздействий а также их сочетаний устанавливаются в [16]

В зависимости от продолжительности действия нагрузок различают нагрузки постоянные и временные (длительные, кратковременные и особые нагрузки).

К постоянным относятся нагрузки и воздействия, действующие в течение всего срока строительства и эксплуатации трубопровода.

Расчётные и нормативные значения постоянных нагрузок и воздействий определяются следующим образом:

Нагрузка от собственного веса металла трубы определяется [17, С.73]:

$$q_m = n_t \cdot \rho_{ст} \cdot g \cdot \frac{\pi}{4} (D_n^2 - D_{вн}^2), \quad (5.8)$$

где $\rho_{ст}$ – плотность стали, данная 7,85 гр/м³ ;

n_t – коэффициент надёжности по нагрузке от массы трубопровода;

g – ускорение свободного падения, равное 9,8.

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

$$q_m = 1,1 \cdot 7,85 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 0,785 \cdot (1,0404 - 0,9880) = 3480,88 \text{ Н/м}$$

Нагрузка от собственного веса изоляции определена руководящими документами и равна 10 % от массы трубопровода:

$$q_{\text{изол}} = 3480,88 \cdot 10\% = 348,08 \text{ Н/м}$$

Временными называются нагрузки и воздействия, которые в отдельные периоды строительства и эксплуатации могут отсутствовать.

К *длительным* временным нагрузкам и воздействиям относятся:

Нагрузка от веса продукта, находящегося в трубопроводе [17, С.73]:

$$q_{\text{пр}} = \rho_{\text{пр}} \cdot g \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{вн}}^2, \quad (5.9)$$

$$q_{\text{пр}} = 760 \cdot 9,8 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,994)^2}{4} = 7448 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,9880}{4} = 5776,52 \text{ Н/м}$$

К *кратковременным* относятся нагрузки и воздействия, действие которых может длиться от нескольких секунд до нескольких месяцев.

Снеговая нагрузка в основном зависит от высоты снегового покрова в данной местности и конфигурации конструкции. Высоту снегового покрова и величину снеговой нагрузки определяют в зависимости от географического района.

Полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия s следует определять по формулам [2, С.45]:

$$q_{\text{сн}} = n_{\text{с}} \cdot q_{\text{сн}}^{\text{н}} = n_{\text{с}} \cdot [p_{\text{с}}^{\text{н}} \cdot B_r], \quad (5.10)$$

$$q_{\text{сн}} = 1,4 \cdot [240 \cdot 0,79] = 265,4 \text{ Н/м}$$

$$p_{\text{с}}^{\text{н}} = p_{\text{сн}}^{\text{н}} \cdot c^{\text{с}} = 2400 \cdot 0,4 = 960 \text{ Н/м}$$

$$B_r = 0,77 \cdot D_{\text{н}}, \quad (5.11)$$

$$B_r = 0,77 \cdot 1,02 = 0,7854 = 0,79 \text{ м}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

Для одиночно прокладываемого трубопровода коэффициент перехода от веса снегового покрова на единицу поверхности земли к снеговой нагрузке на единицу поверхности трубопровода C^c принимается равным 0,4. [17]

C^c – коэффициент перехода от веса снегового покрова на 1 единицу поверхности земли к весу снегового покрова на одну единицу площади на уровне прокладки трубопровода;

n_c - Коэффициент надежности по нагрузке для снеговой нагрузки (в соответствии со [17] следует принимать равным 1,4;

B_r – ширина горизонтальной проекции надземного трубопровода на которой возможно образование снегового покрова;

p_c^H = нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности на уровне прокладки трубопровода;

$p_{сп}^H$ - нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принимаемое по [16], в зависимости от района строительства.

Нагрузка от обледенения рассчитывается по формуле [2, С.46]:

$$q_{\text{лед}} = n_{\text{лед}} \cdot 1,7 \cdot 10^4 \cdot b \cdot K_{\text{л}} \cdot D_{\text{н}}, \quad (5.12)$$

$$q_{\text{лед}} = 1,3 \cdot 0,015 \cdot 10^4 \cdot 1,7 \cdot 0,8 \cdot 1,02 = 270,5 \text{ Н/м}$$

где $n_{\text{лед}}$ - Коэффициент надежности по нагрузке для гололедной нагрузки следует принимать равным 1,3;

b – толщина слоя гололёда;

$K_{\text{л}}$ - коэффициент, учитывающий изменение толщины стенки гололеда по высоте и принимаемый по [16, таблица №13] 0,8 т.к. высота перехода равна 4,5 м.

Ветровая нагрузка рассчитывается по формуле [2, С.46]:

$$q_{\text{вет}} = n_{\text{вет}} \cdot (q_{\text{сн}} + q_{\text{qh}}) \cdot D_{\text{н}}, \quad (5.13)$$

$$q_{\text{вет}} = 1,2 \cdot (93 + 107,781) \cdot 1,02 = 245,7559 = 245,76 \text{ Н/м}$$

где $q_{\text{вет}}$ – ветровая нагрузка на трубопровод, действующая в горизонтальной плоскости, перпендикулярно к его оси;

$n_{\text{вет}}$ – коэффициент надёжности по ветровой нагрузке принимаемый 1,2;

$q_{\text{с}}^{\text{н}}$ – нормативное значение статической составляющей (обусловленной средней скоростью ветра) ветрового давления на трубопровод [2, С.46]:

$q_{\text{q}}^{\text{н}}$ – нормативное значение динамической составляющей (обусловленной пульсацией ветрового потока) ветрового давления на трубопровод. [2, С.47]:

$$q_{\text{сн}} = W_o \cdot K_b(Z) \cdot C_x(\text{Re}), \quad (5.14)$$

$$q_{\text{с}}^{\text{н}} = 380 \cdot 1,22 \cdot 0,2 = 92,72 = 93 \text{ Н/м}$$

где $K_b(Z)$ — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;

$C_x(\text{Re})$ – коэффициент лобового сопротивления трубопровода ветровому потоку [2, С.46]:

$$c_x = 0,2 \ll 4 \cdot 10^5 < \text{Re}, \quad (5.15)$$

W_o – нормативное значение средней составляющей ветрового давления на вертикальную плоскость, принимаемое в зависимости от ветрового района строительства трубопровода.

$$\text{Re} = 0,88 \cdot 10^5 \cdot D_{\text{н}} \sqrt{n \hat{a} \hat{\alpha} \hat{\delta} \cdot K_b(Z)} \cdot \sqrt{W_o}, \quad (5.16)$$

$$\text{Re} = 0,88 \cdot 10^5 \cdot 1,02 \sqrt{1,2 \cdot 1,22 \cdot 380} = 21,2 \cdot 10^5$$

$$q_{\text{q}}^{\text{н}} = q_{\text{с}}^{\text{н}} \cdot \xi_g \cdot \xi_n(Z) \cdot v(\ln), \quad (17)$$

$$q_{\text{q}}^{\text{н}} = 93 \cdot 0,85 \cdot 0,61975 \cdot 2,2 = 107,781 \text{ Н/м}$$

где ξ_g коэффициент динамичности, равный 2,2;

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$\xi_n(Z)$ – коэффициент учитывающий изменение пульсации давления ветром на высоте Z расположения трубопровода от уровня земли согласно местности; [16, таблица 7]

$\nu(\ln)$ – коэффициент пространственной корреляции, пульсации давления ветром, принимаемый для существующих диаметров в зависимости от длины проектируемого перехода.

Расчетная поверхность включает в себя те части поверхности наветренных, подветренных, боковых стен, кровли и подобных конструкций, с которых давление ветра передается на рассчитываемый элемент сооружения.

Если расчетная поверхность близка к прямоугольнику, ориентированному так, что его стороны параллельны основным осям (рисунок 5.1), то коэффициент ν следует определять по [16, таблица 9] в зависимости от параметров ρ и χ

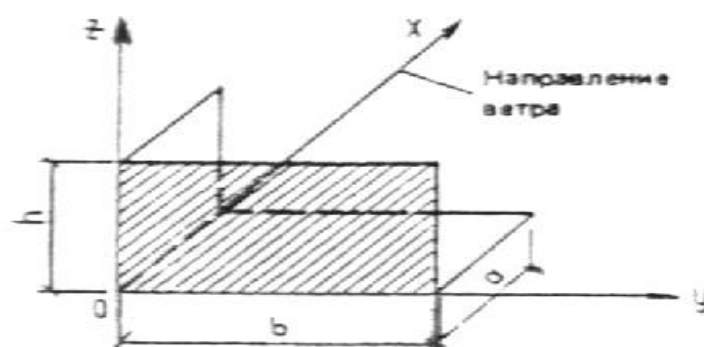


Рисунок 16 – Определение коэффициента ν

Пропорция:

$$160 - 0,67$$

$$148 - x$$

$$\nu(\ln) = 148 \cdot 0,67 / 160 = 0,61975 = 0,62$$

5.4 Расчет балочных переходов без компенсации продольных деформаций

5.5

При пересечении трубопроводами мелких рек, балок, оврагов и других естественных препятствий используются надземные балочные переходы, которые в конструктивном отношении могут выполняться одно- или многопролётными, с компенсирующими устройствами и без установки компенсаторов.

Наиболее экономичными конструктивными схемами являются одно- и многопролётные. (числом пролётов не более 4 надземные балочные переходы без компенсации продольных деформаций).

Самокомпенсация продольных деформаций от изменения температуры, внутреннего давления, просадок опор и т.д. в таких системах прокладки за счёт дополнительных прогибов трубопровода в вертикальной плоскости и сжатия материала труб.

Определение длины перекрываемого пролёта [1, С.329]:

$$q_{\text{тр}} = q_{\text{м}} + q_{\text{пр}} + q_{\text{сн}} + q_{\text{лед}} + q_{\text{изол}}, \quad (5.17)$$

$$q_{\text{тр}} = 3480,88 + 5776,52 + 265,4 + 270,5 + 348,08 = 10141,38 = 10141,4 \text{ Н/м}$$

$$L_{\text{мах}} = \sqrt{\frac{12 \cdot W \cdot (R_2 - \sigma_{\text{пр.р}})}{q_{\text{тр}}}}, \quad (5.18)$$
$$L_{\text{мах}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 0,0102 \cdot (290,68 - 95,35)}{10141,4}} \cdot 10^3 = 43,79 \text{ м}$$

где $\sigma_{\text{пр.р}}$ – расчётные продольные напряжения от действия внутреннего давления, определяемые для заземлённого трубопровода по формуле [1, С.317]:

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$\sigma_{\text{пр.р}} = n_p \cdot \sigma_{\text{пр.р}}^H = n_p \cdot \xi \cdot \delta_{\text{кц}}^H = n_p \cdot \xi \cdot \left(\frac{P \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot \delta} \right), \quad (5.19)$$

$$\sigma_{\text{пр.р}} = 1,1 \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{7,5 \cdot 994}{2 \cdot 12,9} \right) = 95,35 \text{ МПа}$$

где $\xi = 0,3$

Определение количества опор [1, С.359]:

$$1n = \frac{L_l}{L_l}, \quad (5.20)$$

$$n = \frac{148}{43,79} = 3,38$$

Следовательно 4 пролёта, 3 опоры;

$$L_M = \frac{148}{4} = 37 \text{ м}$$

Соответствующая стрела прогиба, вызванная расчётной нагрузкой, рассчитывается по формуле [1, С.342]:

$$f_q = \frac{q_{\text{тр}} \cdot L_M^4}{384 \cdot E \cdot J}, \quad (5.21)$$

$$f_q = \frac{10141,4 \cdot 1874161}{384 \cdot 2,06 \cdot 10^{11} \cdot 0,0052} = \frac{19005866701}{411340,8 \cdot 10^6} = 0,0462046 = 46,2 \text{ мм}$$

где E—модуль упругости, данный $2,06 \cdot 10^5$ МПа;

J – осевой момент инерции,

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (D_H^4 - D_{\text{вн}}^4) = 0,05 \cdot (1,082^4 - 0,976^4) = 0,0052$$

Продольное усилие, действующее в трубопроводе, рассчитывается по формулам [1, С.343]:

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

$$\Delta t = \pm 47^{\circ}\text{C}$$

$$N_1 = \mu \cdot \sigma_{\text{кц}} \cdot \frac{\pi}{4} (D_{\text{нар}}^2 - D_{\text{вн}}^2), \quad (5.22)$$

$$N_1 = 0,3 \cdot 256,27 \cdot 0,785 \cdot (1,0404 - 0,988) = 3,13 \text{ МН}$$

$$N_2 = \alpha_t \cdot E \cdot \frac{\pi}{4} (D_{\text{нар}}^2 - D_{\text{вн}}^2) \cdot \Delta t, \quad (5.23)$$

$$N_2 = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,785 \cdot 0,0643 \cdot 47 = 4,78 \text{ МН}$$

$$\sigma_{\text{кц}} = M_p \cdot \sigma_{\text{кц}}^H = n_p \cdot \frac{P \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot \delta}, \quad (5.24)$$

$$\sigma_{\text{кц}} = 1,1 \cdot \frac{7,5 \cdot 994}{32} = 256,27 \text{ МПа}$$

где n_p – коэффициент надёжности по нагрузке определяемый по внутреннему рабочему давлению, по диаметру;

α_t – коэффициент линейного расширения металла трубы,

При $\Delta t \leq 0$ усилие N положительное (растягивающее), а при $\Delta t \geq 0$ оно может быть как положительное, так и отрицательное (сжимающее).

$$\Delta t = +47^{\circ}\text{C}$$

$$N = N_1 - N_2,$$

$$N = 3,13 - 4,78 = -1,65 \text{ МН}$$

$$\Delta t = -47^{\circ}\text{C}$$

$$N = N_1 + N_2,$$

$$N = 3,13 + 5,86 = 7,91 \text{ МН}$$

Критическая сила Эйлера [1, С.343]:

$$N_{\text{кр}} = - \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{(\eta \cdot l_m)^2}, \quad (5.25)$$

$$N_{\text{кр}} = - \frac{9,86 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,0052}{(0,7 \cdot 37)^2} = - \frac{10562,03}{670,81} = -15,7 \text{ МН}$$

где η – свободная длина рассматриваемого перехода:
при одном пролёте $\eta = 0,6$; при двух и более $\eta = 0,7$.

Проверка:

$$|N| \leq |N_{кр}|$$

$$\Delta t = +47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$|1,65| \leq |15,74| \text{ - верно;}$$

$$\Delta t = +47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$|7,91| \leq |15,74| \text{ - верно.}$$

Расчёт коэффициента ξ осуществляется по формуле [1, С.343]:

$$\xi = N / N_{кр}, \quad (5.26)$$

$$\Delta t = +47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\xi_1 = \frac{-1,65}{-15,74} = 0,1048$$

$$\Delta t = -47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\xi_2 = \frac{7,91}{-15,74} = -0,503$$

Фактическая стрела прогиба: [1, С.344]

При $\xi > 0$, когда усилие N отрицательное (сжимающее), фактическая стрела прогиба под действием этого усилия увеличивается по отношению к f_q .

При $\xi < 0$, когда усилие N положительное (растягивающее), фактическая стрела прогиба под действием этого усилия уменьшается по отношению к f_q .

$$f_{\phi} = \frac{f_q}{(1 - \xi)}, \quad (5.27)$$

$$\Delta t = +47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$f_{\phi} = \frac{f_q}{(1 - \xi_1)} = \frac{46,2}{(1 - 0,1048)} = \frac{46,2}{0,8952} = 51,6 \text{ мм}$$

$$\Delta t = -47 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$f_{\phi} = \frac{f_q}{(1 + \xi_2)} = \frac{46,2}{(1 + 0,503)} = \frac{46,2}{1,503} = 30,74 \text{ мм}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Изгибающий момент в наиболее напряжённом опорном сечении от действия расчётной нагрузки [1, С.344]:

$$M_1 = \frac{-q_{np} \cdot l^2}{12}, \quad (5.28)$$

$$M_1 = \frac{-10141,4 \cdot 1369}{12} = -1,157 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Изгибающий момент от действия продольной силы [1, С.344]:

$$M_2 = N \cdot f_{\phi}, \quad (30)$$

$$\Delta t = +47^\circ \text{C}$$

$$M_2 = (-1,65) \cdot 0,0462 = -0,07623 = 0,076 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Delta t = -47^\circ \text{C}$$

$$M_2 = (7,91) \cdot 0,0307 = 0,242 = 0,242 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Суммарный изгибающий момент [1, С.344]:

$$M = M_1 + M_2, \quad (5.29)$$

$$\Delta t = +47^\circ \text{C}$$

$$M = -0,245 - 0,076 = -0,321 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\Delta t = -47^\circ \text{C}$$

$$M = -0,245 + 0,009 = -0,003 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Продольные напряжения рассчитываются [1, С.344]:

$$\sigma_{np} = \frac{N}{F} + \frac{M}{W_s}, \quad (5.30)$$

$$\Delta t = +47^\circ \text{C}$$

$$\sigma_{np} = \frac{-1,65}{0,47} + \frac{-0,321}{0,0102} = -3,51 - 31,47 = -34,98 \text{ МПа}$$

$$\Delta t = -47^\circ \text{C}$$

$$\sigma_{np} = \frac{7,91}{0,47} + \frac{-0,003}{0,0102} = 16,82 - 0,29 = 16,53 \text{ МПа}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Надземные (открытые) трубопроводы проверяют на прочность, выносливость (колебания в ветровом потоке) и продольную устойчивость а также общую устойчивость в продольном направлении и деформативность.

Определение максимальных суммарных продольных напряжений производится от всех нормативных нагрузок и воздействий с учетом продольных и поперечных перемещений трубопровода в соответствии с правилами строительной механики.

При определении напряженного состояния отвода и его жесткости должны учитываться условия его сопряжения с трубой, а также влияние внутреннего давления.

В частности, для упруго-изогнутых и прямолинейных участков трубопроводов при отсутствии поперечных и продольных перемещений трубопровода, просадок грунта максимальные суммарные продольные напряжения от воздействий и нормативных нагрузок - внутреннего давления, упругого изгиба и температурного перепада рассчитываются по формуле [1, С.349]:

При определении коэффициента ψ_4 по формуле [1, С.344]:

$$\psi_4 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_{\text{сб}}}{R_2} \right)^2} - 0,5 \frac{\sigma_{\text{сб}}}{R_2}, \quad (5.31)$$

$$\psi_4 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_{\text{сб}}}{R_2} \right)^2} - 0,5 \frac{\sigma_{\text{сб}}}{R_2} = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{256,67}{290,68} \right)^2} - 0,5 \frac{256,67}{290,68} = 0,2$$

Вместо ψ_4 допускается коэффициент Ψ_3 .

где Ψ_3 – коэффициент, учитывающий двухостное напряжённое состояния металла труб; $\sigma_{\text{тб}}^i \leq \psi_4 \frac{m}{0,9k_i} R_2^i$, [1, С.349]:

$$\sigma_{\text{пр}}^H = \xi_1 \cdot \delta_{\text{кц}}^H = \xi_1 \cdot \frac{P \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot \delta}, \quad (5.32)$$

$$\sigma_{\text{пр}} = 0,1048 \cdot \frac{7,5 \cdot 994}{2 \cdot 12,9} = \frac{7455}{25,8} \cdot 0,1048 = 30,28 \text{ МПа}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

В соответствии со [17] допускается в выражении вместо коэффициента ψ_4 принимать коэффициент Ψ_3 , при растягивающих продольных напряжениях ($\delta_{пр}^H \geq 0$) принимается равным единице.

$$\Delta t = +47 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$N = -1,65$$

$$N < 0$$

$$|\sigma_{пр}| \leq \Psi_3 \cdot R_2;$$

$$|34,98| \leq 1 \cdot 290,68$$

$$|\sigma_{пр}| \leq \Psi_4 \cdot R_2;$$

$$|34,98| \leq 0,2 \cdot 290,68$$

$$\Delta t = -47 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$N = 7,91$$

$$N > 0$$

$$|\sigma_{пр}| \leq \Psi_3 \cdot R_2;$$

$$|16,53| \leq 1 \cdot 290,68$$

$$|\sigma_{пр}| \leq \Psi_4 \cdot R_2;$$

$$|16,53| \leq 0,2 \cdot 290,6$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

5.5 Расчёт нагрузок на опоры балочных переходов без компенсации продольных деформаций

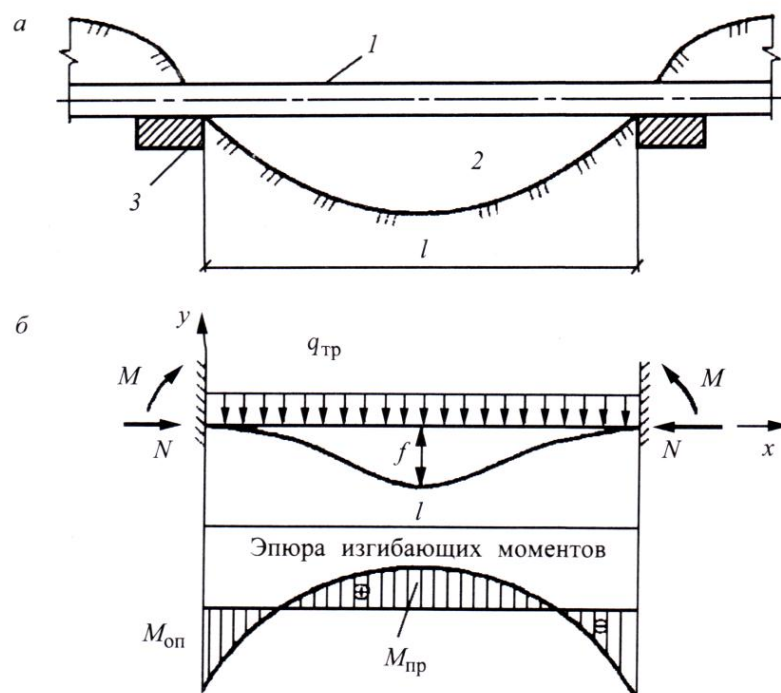


Рисунок 17 – Однопролётный балочный переход без компенсации продольных деформаций

а – конструкция балочного перехода; б – расчетная схема; 1 – трубопровод; 2 – овраг; 3 – плита опорная.

Плита воспринимает нагрузку [1, С.360]:

$$N_{\text{верт}} = \frac{q_{\text{тр}} \cdot l_m}{2}, \quad (5.33)$$

$$R = \frac{10141,4 \cdot 37}{2} = \frac{375231,8}{2} = 187,62 \text{ кН}$$

Многопролетный балочный переход без компенсации продольных деформаций:
 а – конструкция балочного перехода; б – расчетная схема; 1 – трубопровод; 2
 овраг; 3 – плита опорная; 4 – продольно-подвижные опоры;

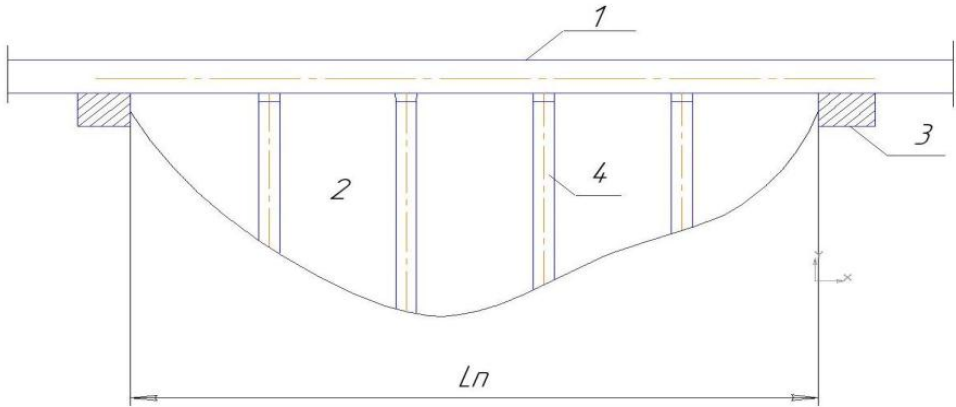


Рисунок 18 – Конструктивная схема

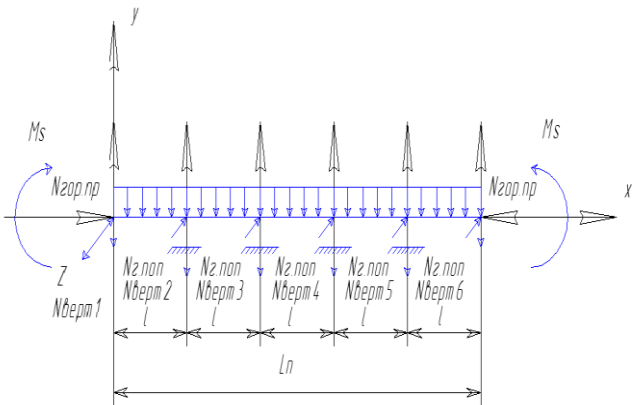


Рисунок 19 – Расчетная схема

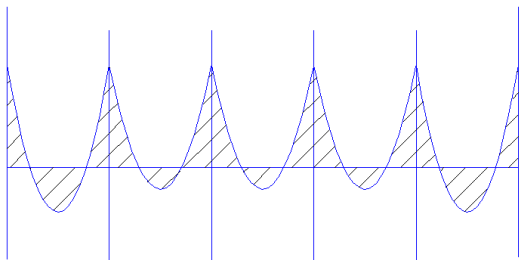


Рисунок 20 – Эпюра изгибающих моментов

Нагрузка на опорную плиту:

$$N_{\text{верт1}} = \frac{10141,4 \cdot 37}{2} = \frac{375231,8}{2} = 187,62 \text{ кН}$$

Нагрузка на продольно-подвижные опоры: [1, С.360],

$$N_{\text{верт2}} = q_{\text{тр}} \cdot l_{\text{м}}, \quad (5.34)$$

$$N_{\text{верт2}} = 10141,4 \cdot 37 = 375,2 \text{ кН}$$

$$N_{\text{горизонт}} = N_{\text{в}} \cdot N_{\text{гф}} = q_{\text{вл}} + 0,01 \cdot (N_{\text{т}} + N_{\text{р}}), \quad (5.35)$$

$$N_{\text{горизонт}} = 240,94 \cdot 37 + 0,01 \cdot (54,6 \cdot 10^5 + 60,75) = 124,3 \text{ кН}$$

где $N_{\text{в}}$ – усилие от ветровой нагрузки действующее на опору перпендикулярно оси трубопровода.

$N_{\text{гф}}$ – усилие возникающее перпендикулярно оси трубопровода вследствие его отклонения в плане от прямой линии.(принимается равным 0,01 от величины продольного усилия);

L – длина перекрываемого пролёта;

$N_{\text{т}}$ – продольные усилия в трубопроводе, возникающие от изменения температуры;

$N_{\text{р}}$ – продольные усилия в трубопроводе, возникающие от изменения внутреннего давления;

Расчётные значения сжимающих или растягивающих напряжений $\sigma_{\text{т}}$ и усилия $N_{\text{т}}$ вдоль оси трубопровода от воздействия перепада температуры без компенсации температурных деформаций в продольном направлении рассчитывается по формулам [14, С.55]:

$$N_t = \sigma_t \cdot F,$$

$$\sigma_t = E \cdot \sigma_t \cdot \Delta t, \quad (5.36)$$

$$\Delta t = +47^\circ\text{C}$$

$$\sigma_t = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ (град}^{-1}\text{)};$$

$$\sigma_t = 2,06 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 47 = 116,2 \text{ МПа}$$

$$N_t = 116,2 \cdot 0,47 = 54,6 \text{ МН}$$

$$\Delta t = +47^\circ\text{C}$$

$$\sigma_t = 2,06 \cdot 10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (-47) = -116,2 \text{ МПа}$$

$$N_t = (-116,2) \cdot 0,47 = -54,6 \text{ МН}$$

Расчётные значения продольных растягивающих напряжений σ_p и усилия N_p от расчётного внутреннего давления газа, нефти или нефтепродуктов находят по формулам [14, С.56]:

$$N_p = \sigma_p \cdot F, \quad (5.37)$$

$$\sigma_p = \xi \cdot \sigma_{кц}, \quad (5.38)$$

$$\sigma_p = 0,5 \cdot 256,27 = 128,14 \text{ МПа}$$

$$N_p = 128,14 \cdot 0,47414 = 60,75 \text{ МН}$$

где $\xi = 0,5$ для прямолинейных балочных и висячих систем при наличии самокомпенсации, а также для арочных систем.

5.6 Расчёт балочных переходов с компенсаторами

Однопролётный балочный переход

Конструкция и расчётная схема переходов

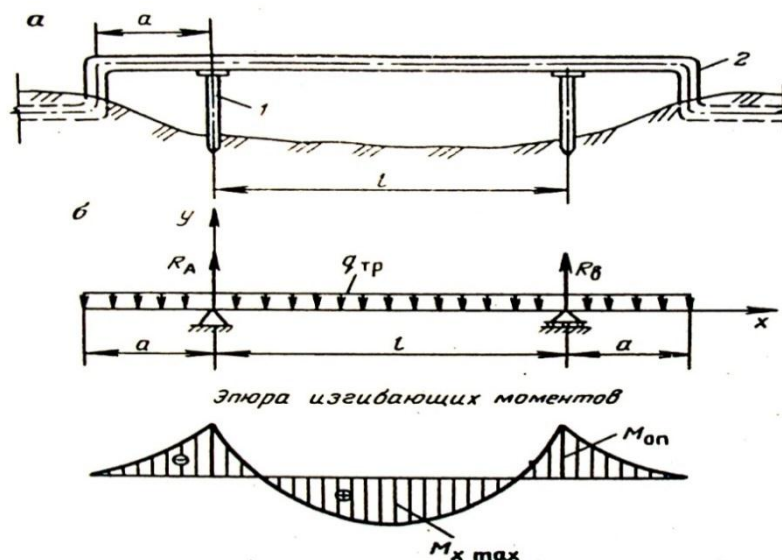


Рисунок 21 – Однопролётный двухконсольный балочный переход с компенсаторами

а – конструкция перехода; б – расчетная схема; 1 – опора; 2 – компенсатор.

Оптимальной является конструкция, в которой максимальный изгибающий момент в середине пролёта ($M_{x \max}$) и момент на опоре ($M_{\text{оп}}$) равны по абсолютной величине (по модулю).

Это достигается в случае, когда длина консоли $a=0,354\ell$. Максимально допустимый пролёт из условия прочности определяется по формуле [2, С.347]:

$$\ell_{\text{м}} = \sqrt{\frac{16 \cdot [M]}{q_{\text{тр}}}}, \quad (5.39)$$

$$\ell_{\text{м}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 1,34 \cdot 10^6}{10141,4}} = \sqrt{\frac{21440000}{10141,4}} = \sqrt{2114,1} = 45,9 \text{ м}$$

$[M]$ – допустимый изгибающий момент, рассчитывается по формуле (5.40):

$$[M] = W_s \cdot [\sigma_{\text{пр.и.}}], \quad (5.40)$$

$$[M] = 0.0102 \cdot 131,78 = 1,344156 = 1,34 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$[M] = M_{x \text{ max}} = M_{\text{оп}} = \frac{q_{\text{тр}} \cdot l^2}{16}, \quad (5.41)$$

Допустимые напряжения изгиба определим (5.42) используя условия прочности для надземных трубопроводов, приведённое в [17, С.92]:

$$|\sigma_{\text{пр}}| = |\sigma_{\text{пр.т}} + \sigma_{\text{пр.р}} + \sigma_{\text{пр.и.}}| \leq \psi_4 \cdot R_2, \quad (5.42)$$

Учитывая, что продольные деформации практически свободно реализуются за счёт компенсаторов трением на опорах пренебрегаем. $\sigma_{\text{пр.т}} = 0$, [17, С.92]:

$$\sigma_{\text{пр.р}} + \sigma_{\text{пр.и.}} \leq \psi_4 \cdot R_2 = |\sigma_{\text{пр}}|; \quad (5.43)$$

продольные напряжения от действия внутреннего давления являются растягивающими, следовательно продольные усилия в трубопроводе определяются по формуле [17, С.87]:

$$[\sigma_{\text{пр.и.}}] = R_2 - \sigma_{\text{пр.р}};$$

$$[\sigma_{\text{пр.и.}}] = 290,68 - 158,9 = 131,78 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{пр.р}} = n_p \cdot \sigma_{\text{пр.р}}^H = n_p \cdot \xi \cdot \sigma_{\text{кц}}^H = n_p \cdot \xi \cdot \frac{P \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot \delta}, \quad (5.44)$$

$$\sigma_{\text{пр.р}} = 1,1 \cdot 0,5 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,994}{2 \cdot 12,9} = 0,159 = 158,9 \text{ МПа}$$

Максимальный прогиб в середине пролётов [6, С.87]:

$$f = \frac{2}{384} \cdot \frac{q_{\text{тр}} \cdot l^4}{E \cdot J}, \quad (5.45)$$

$$f = \frac{2}{384} \cdot \frac{10141,4 \cdot 37^4}{2,06 \cdot 10^{11} \cdot 0,0052} = 8,28 \text{ м}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Если по условиям эксплуатации задаётся максимально допустимый прогиб в середине пролёта f , то допустимую длину пролёта определяют [1, С.351]:

$$\ell_{\max} = \sqrt[4]{\frac{[f] \cdot 384 \cdot E \cdot J}{2 \cdot q_{\text{пр}}}}, \quad (5.46)$$

$$\ell_{\max} = \sqrt[4]{\frac{8,28 \cdot 384 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,0052 \cdot 10^3}{2 \cdot 10141,4 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt[4]{\frac{3405901}{20282 \cdot 10^{-3}}} = 113,84 \text{ м}$$

Из двух расчитанных значений выбираем наименьшее.

Длину консоли определяют как $a = 0,354\ell$, следовательно $a = 0,354 \cdot 45,9 = 16,25 \text{ м}$

$$\ell_{\max} + 2a = 2,64 + 16,25 = 35,14 \text{ м}$$

Изгибающие моменты $M_{x \max}$ и $M_{\text{оп}}$ расчитываются по формуле [1, С.349]:

$$M_{x \max} = M_{\text{оп}} = \frac{q_{\text{пр}} \cdot l^2}{16}, \quad (5.47)$$

$$M_{x \max} = M_{\text{оп}} = \frac{10141,4 \cdot (45,9)^2}{16} = 1,34 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

5.7 Расчёт нагрузок на опоры балочных переходов с компенсаторами Однопролётный переход

Вертикальная составляющая рассчитывается по формуле [1, С.360]:

$$N_{\text{верт}} = R_a = q_{\text{тр}} \cdot (\ell/2 + a), \quad (5.48)$$

$$N_{\text{верт}} = R_a = 10141,4 \cdot (22,95 + 16,25) = 397,5 \text{ кПа} \cdot \text{м}$$

Горизонтальная составляющая рассчитывается по формуле: [1, С.360]

$$N_{\text{гориз}} = q_{\text{вет}} \cdot (\ell/2 + a), \quad (5.49)$$

$$N_{\text{гориз}} = 245,76 \cdot (22,95 + 16,25) = 9,634 \text{ кПа} \cdot \text{м}$$

Продольная составляющая рассчитывается по формуле: [1, С.360]

$$N_{\text{гор.прод.}} = N_{\text{верт}} \cdot f_{\text{тр}}, \quad (5.50)$$

$$N_{\text{гор.прод.}} = 75,05 \cdot 0,4 = 30,02 \text{ кПа} \cdot \text{м}$$

В зависимости от вида опор коэффициент трения $f_{\text{тр}}$ может принимать различные значения:

При скользящих опорах при трении о сталь $f_{\text{тр}} = 0,3-0,5$;

При катковых опорах $f_{\text{тр}} = 0,05/r_{[\text{см}]}$

Многопролётный двухконсольный балочный переход с компенсаторами

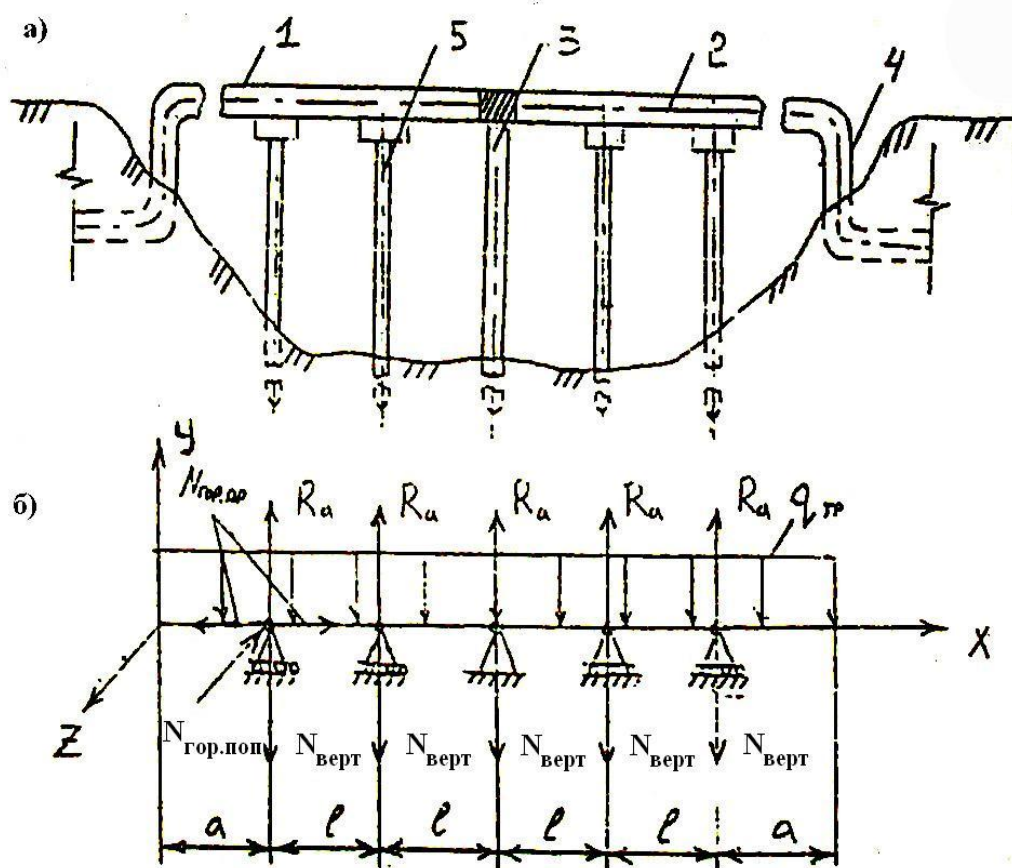


Рисунок 22 – Многопролётный балочный переход с компенсаторами
 а – конструкция перехода; б – расчетная схема; 1 – консоль; 2 – трубопровод; 3 – неподвижная опора; 4 – компенсатор; 5 – продольно-подвижные опоры.

Конструкция и расчётная схема перехода определяют дальнейшие расчёты.

Максимальный изгибающий момент в середине крайних пролётов и момент на крайних опорах равны между собой по абсолютной величине при длине консоли $a=0,408l$.

Максимальный допустимый пролёт исходя из условия прочности вычисляется по формуле [1, С.350]:

$$\ell_{\text{м}} = \sqrt{\frac{12 \cdot W \cdot [R_2 - \sigma_{\text{нр.р.}}]}{q_{\text{мр}}}}, \quad (5.51)$$

$$\ell_{\text{м}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 0,0102 \cdot [290,68 - 158,9]}{10141,4 \cdot 10^{-6}}} = 39,88 \text{ м}$$

$$f = \frac{1}{384} \cdot \frac{q_{\text{нр}} \cdot l^4}{E \cdot J}, \quad (5.52)$$

$$f = \frac{1}{384} \cdot \frac{10141,4 \cdot 10^{-6} \cdot 39,88^4}{2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,0052} = \frac{25651,83}{107,12} = 62,4 \text{ мм}$$

Максимальный изгибающий момент в пролёте и изгибающий момент на опоре рассчитываются по формулам [1, С.351]:

$$M_{\text{х макс}} = \frac{q_{\text{нр}} \cdot l^2}{24}, \quad (5.53)$$

$$M_{\text{х макс}} = \frac{10141,4 \cdot (39,88)^2}{24} = 0,672 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{х макс}} = \frac{q_{\text{нр}} \cdot l^2}{12}, \quad (5.54)$$

$$M_{\text{х макс}} = \frac{10141,4 \cdot (39,88)^2}{12} = 1,35 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Длина пролёта с учётом консоли будет равна [1, С.351]:

$$\ell_{\text{н}} = \ell + 2a = \ell + 2 \cdot 0,40825 \ell, \quad (5.55)$$

Когда число пролётов $n \geq 4$ тогда, длина пролёта будет равна:

$$L = L_{\text{пер}}/2 \cdot 0,40825 + n_{\text{прол}} \leq L_{\text{макс}},$$

где $n_{\text{прол}}$ - число пролётов

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

$$L=148/(2\cdot 0,40825)=181,2615 \text{ м}$$

при $n=2$

$$L=148/(2\cdot 0,40825)+2 =52,5474$$

$52,5474 > 39,88$ - не удовлетворяет условию. $L \leq L_{\max}$

$$a=0,40825\cdot L$$

$$a=0,40825\cdot 52,5474=21,452 \text{ м}$$

проверка:

$$L_{\text{пер}}=2\cdot a+n\cdot L$$

$$L_{\text{пер}}=2\cdot 21,452+2\cdot 52,5474=147,998 \text{ м}$$

при $n=3$

$$L=148/(2\cdot 0,40825)+3=38,78$$

$38,78 \leq 39,88$ удовлетворяет условию. $L \leq L_{\max}$

$$a=0,40825\cdot 38,78=15,83 \text{ м}$$

проверка:

$$L_{\text{пер}}=2\cdot 15,83+3\cdot 38,78=148 \text{ м}$$

при $n=4$

$$L=148/(2\cdot 0,40825)+4 =30,73$$

$30,73 \leq 39,88$ удовлетворяет условию. $L \leq L_{\max}$

$$a=0,40825\cdot 34,88=12,54 \text{ м}$$

проверка:

$$L_{\text{пер}}=2\cdot 12,54+4\cdot 30,73=148 \text{ м}$$

Для построения перехода желательно использовать как можно меньше опор, следовательно, берем число пролетов $n=3$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

5.8 Расчет компенсаторов

Компенсаторы рассчитываются на воздействие продольных перемещений трубопроводов, которые возникают при изменении температуры, давления и других нагрузок и воздействий, действующих на трубопровод.

Наибольшее распространение в конструкциях балочных переходов получили Г-образные компенсаторы. Расчетные продольные напряжения изгиба в компенсаторе, вызванные изменением длины надземного участка трубопровода, максимальны в точке заземления и определяются по формуле из [17]

Величина расчетных продольных напряжений на компенсаторе $\sigma_{\text{комп}}$ рассчитывается в соответствии с общими правилами строительной механики с учетом коэффициента увеличения продольных напряжений m_k и коэффициента уменьшения жесткости отвода $k_{\text{ж}}$. [17]:

$$\sigma_{\text{комп}} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{ED_n \Delta_k}{l_k^2}} \quad (5.56)$$

где l_k – вылет компенсатора (рабочая длина компенсатора);

Δ_k – суммарное продольное перемещение трубопровода в месте примыкания его к компенсатору от воздействия температуры и внутреннего давления.

Максимально допустимые напряжения $[\sigma_{\text{комп}}]$ можно определить из условия прочности [1, С.351]:

$$[\sigma_{\text{комп}}] = R_2 - 0,5\sigma_{\text{кц}} - |\sigma_{\text{м}}|; \quad (5.57)$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

где σ_m – дополнительные продольные напряжения в компенсаторе от изгиба под действием поперечных и продольных нагрузок (усилий) в расчетном сечении компенсатора, определяемые согласно общим правилам строительной механики.

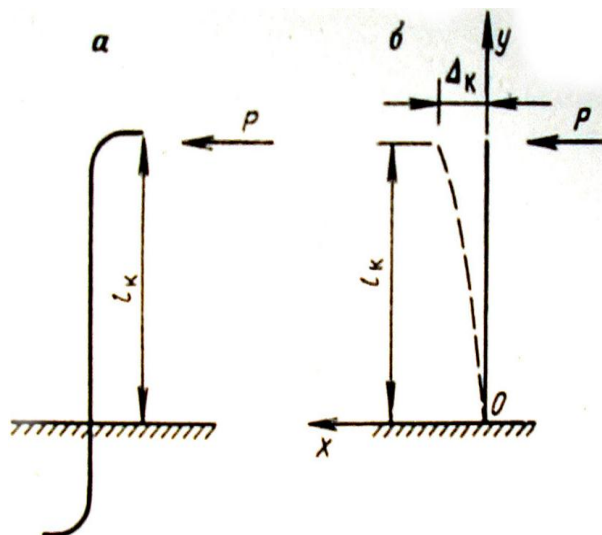


Рисунок 23 – Г-образный компенсатор

а – конструкция; б – расчетная схема

В наклонных компенсаторах, не являющихся одновременно опорами, напряжения σ_m могут быть вызваны вертикальной нагрузкой от собственного веса трубы и горизонтальной ветровой нагрузкой. Обычно эти напряжения незначительны и не учитываются в расчетах.

Таким образом,

$$[\sigma_{\text{компл}}] = R_2 - 0,5\sigma_{\text{кц}} - |\sigma_m| = R_2 - 0,5\sigma_{\text{кц}} = 290,68 - 0,5 \cdot 256,27 = 162,55 \text{ МПа}$$

При продольном перемещении трубопровода за счет его удлинения максимальная величина Δ_k рассчитывается по формулам: [1, С.352]

$$\Delta_{kl} = \Delta_p + \Delta_t = L/2 \cdot \left(\frac{0,2\sigma_{\text{ЕО}}}{A} + a_t \cdot \Delta t \right); \quad (5.58)$$

$$\Delta_{kl} = 148/2 \cdot (0,2 \cdot 256,27/2,1 \cdot 10^5 + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 47)$$

$$\Delta_{kl} = 0,059796 \text{ м}$$

где L – длина надземного участка трубопровода, обслуживаемая одним компенсатором;

Δt – перепад температур при нагревании.

$$\Delta_{к2} = -L/2 \cdot a \cdot \Delta t; \quad (5.59)$$

$$\Delta_{к2} = -148/2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 47$$

$$\Delta_{к2} = -0,041736 \text{ м}$$

где Δt – перепад температур при охлаждении трубопровода.

Амплитуда отклонения начальной длины в обе стороны определяется по формуле [1, С.352]:

$$A = \Delta_{к1} + |\Delta_{к2}|; \quad (5.60)$$

$$A = 0,059796 + |-0,041736| = 0,101232 \text{ м}$$

Если монтаж производится так, что обеспечивается симметричная работа компенсатора в обе стороны, компенсирующая способность $[\Delta_{к}]$ должна отвечать условию [1, С.352]:

$$\Delta_{к} = A/2; \quad (5.61)$$

$$[\Delta_{к}] = 0,101232/2 = 0,050616 \text{ м}$$

Длина $L_{к}$ рассчитывается для $[\Delta_{к}] \geq A/2$.

Следует иметь ввиду, что в данном расчете не учитываются возможные перемещения прилегающих к переходу подземных участков трубопровода.

Если же известно суммарное продольное перемещение трубопровода $\Delta_{к}$, определяют необходимую рабочую длину компенсатора. [1, С.352]:

$$L_{к} = \sqrt{\frac{3ED_n \Delta_{к}}{2[\sigma_{ком}]}}; \quad (5.62)$$

$$L_{к} = \sqrt{3 \cdot (2,06 \cdot 10^5) \cdot 1,02 \cdot 0,050616 / (2 \cdot 162,55)}$$

$$L_{к} = 9,2067 \text{ м} < Z = 14,5 \text{ м}$$

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

5.9 Выводы по разделу Расчетная часть

В ходе проведения расчетов надземного балочного перехода трубопровода диаметром 1020 мм длиной 148 м были сформированы следующие выводы:

Условие прочности выполняется при охлаждении и нагреве трубопровода, но данная конструкция балочного перехода без компенсации продольных напряжений не отвечает требованиям п8.35 СНиП 2.05.06-85* где говорится, что число пролетов не может быть более 4,

Так как максимальная длина однопролётного двухконсольного перехода с компенсатором составила 35,14 м, а ширина препятствия по условию 148 м, то перекрыть препятствие однопролётным балочным переходом невозможно.

Наиболее оптимальным, с точки зрения строительной механики, является выполнение многопролётного перехода с компенсацией продольных деформаций.

Расчёт нагрузок, действующих на опоры многопролётного балочного перехода выполняется аналогично расчёту нагрузок, действующего на опоры однопролётного балочного перехода с компенсаторами.

Следовательно, для того, чтобы соблюсти условие прочности длина пролёта не должна превышать 39,88 м, следовательно, чтобы перекрыть переход длиной 148м необходимо установить 3 опоры.

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

6 Финансовый менеджмент при строительстве магистрального трубопровода с использованием балочного перехода.

В данном разделе произведены расчеты технико-экономического обоснования строительства магистрального трубопровода с использованием балочного перехода.

Проведены следующие расчеты: расчет затрат на заработную плату работникам при строительстве участка магистрального трубопровода надземного балочного перехода, отчисления на социальные нужды, расчет затрат на использованные материалы, расходы на топливо.

6.1 Расходы на заработную плату работникам.

При строительных работах было задействовано рабочих (таблица 4):

Таблица 4 – Расходы на заработную плату

№	Наименование специальности	Количество	Тарифная ставка (руб/час)	Количество часов	Район к-т	Итого (руб)
1	Главный инженер	1	220,00	192	30%	54912,0
2	Электрогазосварщик	3	350,00	192	30%	262080,00
3	Водитель спецтехники	2	180,00	192	30%	89856,00
4	Слесарь-монтажник	3	330,00	192	30%	247104,00
	Итого:	9				653952,00

Оплата работникам почасовая:

Общее количество часов, за которые было произведено строительство балочного перехода составило: 192 часа, при восьмичасовом рабочем дне количество дней: 24 дня.

					Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Ивкин В.С.								
Провер.		Назаров А.Д.							88	110
Реценз.								ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т		
Н. Контр.										
Утверд.		Рудаченко А.В.								

Расчеты заработной платы (таблица 4):

1. $1 \cdot 220 \cdot 192 \cdot 1,3 = 54912$ руб.
2. $3 \cdot 350 \cdot 192 \cdot 1,3 = 262080$ руб.
3. $2 \cdot 180 \cdot 192 \cdot 1,3 = 89856$ руб.
4. $3 \cdot 330 \cdot 192 \cdot 1,3 = 247104$ руб.

Итого: $54912 + 262080 + 89856 + 247104 = 653952$ рубля.

Общие затраты на фонд заработной платы составил: 653952 рубля.

6.2 Отчисления на социальные нужды.

Отчисления на социальные нужды осуществляются в размере 30% от всего (ФЗП) фонда заработной платы:

На 2016 год при отчислении на социальные нужды налогоплательщик должен перечислить в фонды следующие проценты:

- 22% в Пенсионный Фонд;
- 2,9% в Фонд социального страхования;
- 5,1% в Фонд медицинского страхования.

Итого отчисления на социальные нужды составляют: 30,0%

$Z_{нф} = Z_{фзп} \cdot 0,22 = 653952 \cdot 22\% = 143869,44 \text{ руб}$ - отчисления в Пенсионный Фонд РФ;

$Z_{фсс} = Z_{фзп} \cdot 0,029 = 653952 \cdot 2,9\% = 18964,61 \text{ руб}$ - отчисления в Фонд социального страхования (ФСС);

$Z_{фмс} = Z_{фзп} \cdot 0,051 = 653952 \cdot 5,1\% = 33351,55 \text{ руб}$ - отчисления в фонд медицинского страхования (ФМС).

$Z_{нф} = Z_{фзп} \cdot 0,30 = 653952 \cdot 30\% = 196185,6 \text{ руб}$ - общие отчисления на социальные нужды.

6.3 Расчет затрат на материалы

Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода – это довольно энергоемкий, материалоемкий и трудоемкий процесс.

Для того, чтобы соорудить балочный переход длиной 148 метров, при этом чтобы было соблюдено условие прочности, длина пролёта не должна превышать 39,88 м, следовательно, необходимо установить 3 опоры.

Таблица 5 – Стоимость трубы

Тип трубы	Наружный диаметр (мм)	Толщина стенки (мм)	Длина трубы (м)	Цена (руб/т)
Новая	1020	14	11,5	65000
Лежалая	1020	14	11,5	32000
Восстановленная	1020	14	11,5	18500

Таблица 6 – Вес трубы и количество метров в одной тонне

Толщина стенки 1020 мм	10	12	14	16
Вес одного метра трубы, кг	249,1	298,3	347,3	396,2
Количество метров в одной тонне, м	4,01	3,35	2,88	2,52

Вес одного метра трубы 1020х14 составляет 347,3 кг.

Количество метров трубы в одной тонне: 2,88.

Стоимость одной новой трубы 1020х14 длиной 11,5 метров составляет: 187200,3 руб.

Для перекрытия 148 метров балочного перехода потребуется:

$$148:11,5=12,8=13 \text{ труб}$$

Затраты на 13 труб стоимостью 187200,3 рублей за штуку составят:

$$13 \cdot 187200,3 = 2433603,9 \text{ рублей.}$$

					Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

Стоимость неподвижной опоры для трубопровода 1020X14 типа Т44 высотой 4 метра составляет: 89685 рублей

Количество опор, необходимых для соблюдения условий прочности: 3 шт;
 $89685 \cdot 3 = 269055$ рублей

Общие затраты на опоры для трубопровода составили: 269055 рублей.

Общие затраты на материалы составили: $269055 + 2433603,9 = 2702658,9$ руб.

6.4 Расчет затрат на топливо для сооружения балочного перехода диаметром 1020 мм и длиной 148 м.

Таблица 7 – Расход топлива на определенные виды работ

№	Наименование работ	Расход топлива
1.	Земельные работы по вскрытию грунта одноковшовым экскаватором.	2 часа \cdot 27л=54 л (ДТ)
2.	Расход топлива сварочного агрегата.	56 часов \cdot 3 шт \cdot 4 литра=672 л (ДТ)
3.	Работа автокрана по монтажу трубопровода на опоры	32 часа \cdot 11 литров=352 литра (ДТ)
4.	Доставка людей транспортом к месту сооружения балочного перехода	270 км / 100 \cdot 30 литров=81 литр (бензин)
	Итого расходы на топливо: 44877 рублей.	бензин 81 литр \cdot 35=2835 рублей; Дизельное топливо 1078 литров \cdot 42042 рубля

Общие затраты на топливо составили: 44877 рублей.

6.5 Общие затраты на сооружение балочного перехода трубопровода

Таблица 8 – Общие затраты

№	Наименование статьи затрат	Сумма затрат, руб.
1	Фонд заработной платы (ФЗП)	653952,00
2	Отчисления на социальные нужды (ЕСН)	196185,60
3	Затраты на материалы	2702658,9
4	Затраты на топливо	44877,00
	Итого:	3597673,50

Вывод по разделу:

Итого, при строительстве магистрального трубопровода с использованием балочного перехода диаметром 1020X14 и длиной 148 метров были задействованы следующие ресурсы:

9 человек,

3 вида техники,

13 труб длиной 11,5 метров диаметром 1020X14,

3 неподвижной опоры под трубопровод типа Т44 высотой 4 метра.

В разделе были приведены расчеты затрат на заработную плату, отчисления на социальные нужды, затраты на материалы и топливо.

Общие затраты на строительство объекта составили: **3597673,5 рублей.**

7 Социальная ответственность при строительстве магистрального трубопровода с использованием балочного перехода

7.1 Производственная безопасность

В данном разделе рассматривается возможное влияние вредных и опасных факторов производственной среды на человека и окружающую среду (атмосферу, литосферу и гидросферу), а также возможное возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, экологического, стихийного и социального характера.

7.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1 Климатические и погодные условия

В данном подразделе рассматривается влияние погодных и климатических условий на работника. Этот вредный производственный фактор характеризуется плохими метеорологическими условиями, в результате которых возможно отклонение или несоответствие показателей микроклимата в рабочей зоне согласно [15].

Переохлаждение может привести к ухудшению здоровья, самочувствия работника, а также повлиять на его работоспособность:

Влияние низких температур при работе на открытом воздухе зимой негативно сказываются на состоянии здоровья человека. Величина предельных температур, ниже которых не могут выполняться работы на открытом воздухе, обусловлена возможностью механизма терморегуляции человека. Например, при температуре окружающего воздуха до минус 25°C происходит охлаждение открытых поверхностей тела, а также уменьшение чувствительности конечностей человека.

					<i>Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Ивкин В.С.</i>					93	110
<i>Провер.</i>		<i>Назаров А.Д.</i>				ТПУ ИПР ар. 3-2Б21Т		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		<i>Рудаченко А.В.</i>						

Работа при таких очень низких температурах в течение рабочей смены приводит к переохлаждению организма работника. Работа при температурах воздуха от минус 30-40°C и ниже при периодических десятиминутных обогревах через каждый час приводит к устойчивому понижению температуры всего тела и тактильной чувствительности пальцев ног и рук, учащению пульса и повышению артериального давления. [15]

При следующих погодных условиях работы на открытом воздухе должны быть приостановлены (таблица 9).

Таблица 9 – Скорость ветра и температура воздуха

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При отсутствии ветра	-40
До 5,0	-35
5,1-10,0	-25
10,0-15	-15
15,1-20,0	-5
Более 20,0	0

Вывод: Для предотвращения переохлаждения осуществляется организация рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени, введения перерывов для обогрева в пунктах обогрева. От переохлаждения тела предусмотрена теплая зимняя спецодежда: бушлаты, зимние ботинки, шапки и рукавицы.

2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

В этом подразделе рассматривается влияние шумового фактора на организм человека. Шум на производстве создают различные механизмы и машины. Возникновение шума происходит при работе электромагнитных устройств, при истечении воздуха и газов, а также при движении воды и жидкости [4].

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления:

- снижается острота зрения, слуха;
- повышается кровяное давление;
- понижается внимание.

Сильный продолжительный шум может быть причиной функциональных изменений сердечно-сосудистой и нервной систем, что приводит к заболеваниям сердца и повышенной нервозности. [4]

Для предотвращения негативного воздействия шума на рабочих используются средства индивидуальной защиты (наушники, ушные вкладыши), соблюдение режима труда и отдыха, а также снижение уровня шума непосредственно в самом источнике путем применения звукоизолирующих средств.

3 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды

На проектируемом объекте загазованность и запыленность наблюдается при сварки труб в нитку трубопровода, а также при земляных работах.

Повышенная запылённость воздуха, наличие в воздухе пыли может привести к механическим повреждениям кожи, слизистой оболочки, дыхательных путей, глаз, лёгких. Длительное воздействие пыли на дыхательные пути вызывает у человека стойкие хронические заболевания лёгких. [6]

Вывод: Для предотвращения вредного воздействия от неблагоприятного воздействия пыли и газа при сооружении надземного балочного перехода трубопровода используют средства индивидуальной защиты: противопылевые респираторы, спецодежду, противогазы. [6]

4 Повреждения в результате контакта с растениями, животными, насекомыми и пресмыкающимися

При проведении строительных работ на открытой местности возможны контакты рабочих с дикими животными, ядовитыми растениями, насекомыми и пресмыкающимися. При таких контактах возможны укусы, ужаливания, удары и другие повреждения, нанесенные животными, насекомыми и пресмыкающимися. Также могут быть получены повреждения в результате контакта с колючками и шипами колючих и ядовитых растений;

Кроме этого возможно утопление и погружение в воду при сооружении трубопровода через водные преграды, в результате падения в естественный или искусственный водоем.

					Социальная ответственность	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Борьба с такими действующими факторами осуществляется применением методов борьбы с насекомыми (аэрозоли), а также применением индивидуальных средств защиты (спецодежда, москитные сетки, накомарники)

А также необходимо соблюдение элементарных правил безопасности при работе на открытой местности, в том числе в лесах, в полях и вблизи водоёмов.

5 Тяжелый и напряженный физический труд

В связи с большой протяженностью и удаленностью нефтепровода от населенных пунктов, работникам длительное время приходится проводить в командировках, что сопровождается тяжелым и напряженным физическим трудом.

Тяжелый и напряженный физический труд может повлиять на общее самочувствие рабочего и привести к развитию различных заболеваний.

У людей, занятых тяжелым и напряженным физическим трудом, должен быть 8-ми часовой рабочий день с обеденным перерывом (13⁰⁰ – 14⁰⁰) и периодическими кратковременными перерывами. Кроме этого увеличивается продолжительность отпусков.

					Социальная ответственность	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1 Движущиеся машины и механизмы

Так как сооружение балочного перехода трубопровода производится в полевых условиях, возможность получения механических травм очень высока. Повреждения могут быть разной тяжести вплоть до летального исхода, так как работа ведется с объектами большого веса.

Для снижения опасности производственного травматизма предусматриваются оградительные, предохранительные и блокировочные устройства, сигнализации, системы дистанционного управления, применение средств индивидуальной защиты и контроль исправности защитных средств.

2 Электрическая дуга и искры при сварке металлических деталей

При строительстве надземного балочного перехода во время сваривания трубопровода возможно воздействие на работника возможно воздействие электрической дуги, а также попадание искр на незащищенные участки поверхности тела. Для исключения попадания икр, окалины и излучающего воздействия электрической дуги применяются средства индивидуальной защиты – спецодежда, маска сварщика, резиновые перчатки и другие средства защиты работника.

3 Возможность поражения электрическим током

Плохая изоляция токопроводящие частей, а также провода могут являться источниками поражения электрическим током. [8]

Известно, что поражение работника электрическим током происходит лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках, то есть двухфазное соприкосновение. [8]

Довольно опасные воздействия электрического тока на работника проявляются в виде электротравм (ожогов, волдырей, механических и других

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

повреждений), электрического удара, а также хронических профессиональных заболеваний.

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от следующих немаловажных факторов: [8]

- величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- силы тока и его сопротивления;
- условий внешней среды;
- уровня профессиональной подготовки персонала.

При строительстве надземных переходов используются подстанции мощностью 10кВ, сварочное электрооборудование и другие электроприборы, способные вызвать поражение электрическим током.

Для защиты от поражения электрическим током применяют коллективные и индивидуальные средства. [8]

Использование коллективных средств электрозащиты:

- изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль,
- установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов,
- применение малых напряжений,
- защитное заземление,
- защитное отключение.
- К электроустановкам допускаются специально обученные люди, имеющие соответственные допуски.

Применение изолирующих средств защиты:

- диэлектрические перчатки;

- диэлектрические боты;
- изолирующие подставки;
- инструменты с изолированными рукоятками

4 Повышенная пожароопасность и взрывоопасность

Объект исследования - надземный балочный переход.

Класс взрывоопасности: А. [5]

Источниками возникновения пожара могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. [5]

Кроме того, основными причинами пожаров могут возникать из-за нарушения или повреждения изоляции токоведущих частей, пробой на корпусе.

Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход.

Предельно – допустимая концентрация паров нефти и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам 300 мг/м^3 , при проведении газоопасных работ, при условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДБК), для паров нефти 2100 мг/м^3 . [5]

К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся:

- пожарные водопроводы;
- пожарные автоцистерны;
- огнетушители порошковые и углекислотные ОУ-5, ОУ-3;
- ящики с сухим песком;
- асбестовые одеяла;

					Социальная ответственность	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Для предупреждения пожаров применяют пожарные сигнализации (автоматические и ручные).

Для предотвращения взрыва необходимо: [5]

- осуществлять постоянный контроль давления по манометрам в трубопроводе;
- осуществлять газовый анализ в пожароопасной зоне;
- следить за пожаробезопасностью;
- не допускать нахождения газовых баллонов в рабочей зоне сварки;
- не курить и не пользоваться открытым огнем в местах с повышенной взрывоопасностью;

					Социальная ответственность	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.2 Экологическая безопасность

При строительстве надземных балочных переходов трубопровода необходимо соблюдать требования по защите окружающей среды, условия землепользования, установленные законодательством по охране природы, [18], [19], и другими нормативными документами.

Перед началом производства работ следует выполнить следующие работы: [19]

- оформление в природоохранных органах все разрешения, согласования и лицензии, необходимые для производства работ;
- заключение договоров с организациями на сдачу отходов, нефтезагрязненного грунта, сточных вод, образовавшихся в процессе производства работ;
- оборудование мест временного размещения отходов.

При организации ремонта необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоемы и атмосферу. [19]

Виды воздействий на природную среду в период ремонтных работ:

- Загрязнение выбросами выхлопных газов от строительной техники при производстве работ;
- Выбросы при производстве изоляционных работ;
- Образование и размещение отходов, образующихся при ремонте.

С целью уменьшения воздействия на окружающую среду все работы должны выполняться в пределах полосы отвода земли.

Для снижения воздействия на поверхность земель предусмотрены следующие мероприятия: [19]

- минимально необходимые размеры котлована;
- своевременная уборка мусора и отходов для исключения загрязнения территории отходами производства;

					Социальная ответственность	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- запрещение использования неисправных, пожароопасных транспортных и строительно-монтажных средств;
- применение строительных материалов, имеющих сертификат качества;
- выполнение работ, связанных с повышенной пожароопасностью, специалистами соответствующей квалификации.

В период строительства балочного перехода трубопровода загрязнение атмосферного воздуха происходит за счет неорганизованных выбросов и является кратковременным.

К загрязняющим веществам относятся продукты неполного сгорания топлива в двигателях строительных машин и механизмов, вещества, выделяющиеся при сварке труб.

Мероприятия направленные на защиту атмосферного воздуха в зоне производства работ: [19]

- осуществление периодического контроля за содержанием загрязняющих веществ в выхлопных газах автотранспорта;
- обеспечение контроля топливной системы механизмов и системы регулировки подачи топлива, обеспечивающих полное сгорание топлива;
- допуск к эксплуатации машин и механизмов в исправном состоянии,
- уделение внимания состоянию технических средств, способных вызывать возгорание растительности.

В период строительных работ загрязнение атмосферы носит временный обратимый характер.

Производственные и бытовые стоки, образующиеся на строительной площадке, должны очищаться и обезвреживаться в порядке, предусмотренном проектом организации строительства и проектами производства работ. [19]

Сельскохозяйственные и лесные угодья должны быть возвращены в состояние, пригодное для использования по назначению и сданы землепользователю.

Должна быть проведена рекультивация нарушенных земель по окончании строительства согласно [14].

При невозможности восстановления коренной растительности необходимо создать ее искусственные формы посевом быстрорастущих видов трав с развитой корневой системой.

Природно-восстановительные работы считаются завершенными, если отсутствуют:

- участки с невосстановленным растительным покровом;
- места, загрязненные нефтью, горюче-смазочными материалами, строительными и бытовыми отходами;
- места разрушения естественного ландшафта.

Все отходы производства, образовавшиеся при выполнении строительных работ (окалина, абразивный материал, старая изоляция труб, загрязненная ветошь, остатки композиционных материалов и упаковки) должны быть собраны в контейнеры для временного хранения и дальнейшей утилизации в соответствии с требованиями нормативной документации [14].

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации на трубопроводном транспорте могут возникнуть по различным причинам, например: [9]

- паводковые наводнения;
- лесные пожары;
- террористические акты;
- по причинам техногенного характера (аварии) и др.

Аварии могут привести к чрезвычайным ситуациям.

Возможными причинами аварий могут быть: [9]

- ошибочные действия персонала при производстве работ;
- отказ приборов контроля и сигнализации;
- отказ электрооборудования и исчезновение электроэнергии;
- производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;
- старение оборудования (моральный или физический износ);
- коррозия оборудования;
- гидравлический удар;
- факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молнией и др.).

Одними из примеров чрезвычайных ситуаций могут быть пожары или взрывы при проведении работ в газоопасных местах при капитальном ремонте магистрального нефтепровода. Данные пожары и взрывы относятся к чрезвычайным ситуациям техногенного характера.

С целью предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с возникновением взрывов или пожаров должны быть применены следующие меры безопасности: [9]

- перед началом работ в ремонтном котловане переносным газоанализатором проверяется уровень загазованности воздушной

					Социальная ответственность	Лист
						105
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- среды, при этом содержание паров нефти и газов не должно превышать предельно – допустимой концентрации по санитарным нормам;
- работа разрешается только после устранения опасных условий, в процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости обеспечить принудительную вентиляцию;
- для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности работники должны быть оснащены спецодеждой, спецобувью и другие средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, каски и т.д.), которые предусмотрены типовыми и отраслевыми нормами.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности нормируются следующими нормативными документами, СНиПами и ГОСТами:

1. РД 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывопожароопасных и взрывоопасных объектах»
2. СНИП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие сведения»
3. СНИП III-42-80* «Магистральные трубопроводы. Правила производства и приёмки работ»;
4. СНИП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования»;
5. СанПиН 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ»;
6. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы»;
7. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»;
8. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»;
9. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
10. ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность»;
11. ГОСТ 12.1.038–82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».
12. РД 153-39.4-115-01 «Удельные нормативы образования отходов производства и потребления при строительстве и эксплуатации производственных объектов».
13. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения;
14. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе был проведен поиск, сбор и анализ информации, а также описание технологии строительства магистрального трубопровода с использованием балочного перехода.

В ходе исследования были проведены расчеты надземного балочного перехода в соответствии с данными, указанными в техническом задании.

По результатам расчетов, были сделаны соответствующие выводы по величине длины пролета балочного перехода, количеству пролетов и опор, необходимых для того, чтобы соблюсти условие прочности и перекрыть переход длиной 148 м.

Более того, в данной бакалаврской работе также была проведена оценка материальных затрат на строительство балочного перехода в соответствии с исходными данными.

По результатам анализа полученных данных было установлено, что наиболее оптимальным методом строительства магистрального трубопровода с использованием балочного перехода будет являться строительство много пролетного балочного перехода без компенсации продольных деформаций.

Рекомендации выполнены в соответствии с действующей нормативно-технической документацией, и могут быть использованы в учебном процессе и на производстве.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ивкин В.С			Заключение Строительство магистрального трубопровода с использованием балочного перехода		
Провер.		Назаров А.Д.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.		Рудаченко А.В.					
					Лит.	Лист	Листов
						108	110
					ТПУ ИПР зр. 3-2Б21Т		

Список использованных источников

1. Балочные переходы. Методы расчёта и реконструкции на стадии эксплуатации трубопровода: учебное пособие / А. С. Кузьбожев, И. Н. Бирилло, Н. С. Вишневская, М. М. Бердник. – Ухта: УГТУ, 2013. – 111 с.
2. ВРД 39-1.10-016-2000. Методика оценки работоспособности балочных переходов магистральных газопроводов;
3. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы»;
4. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»;
5. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность»;
6. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
7. ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность»;
8. ГОСТ 12.1.038–82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»;
9. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения;
10. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров;
11. Надземная прокладка трубопроводов / Агапкин В. М., Петров И. П., Спиридонов В. В., 2 изд., М.: Недра, 1973 – 300 с.
12. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: учебник для вузов/А.А. Коршак, А.М. Нечваль – СПб.: Недра, 2008 – 486 с.: ил.
13. РД 153-39.4-056-00 «Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов»;

- 14.РД 153-39.4-115-01 «Удельные нормативы образования отходов производства и потребления при строительстве и эксплуатации производственных объектов»;
- 15.СанПиН 2.2.3.1384-03 «Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ»;
- 16.СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»;
- 17.СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы»;
- 18.СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие сведения»;
- 19.СНиП III-42-80* «Магистральные трубопроводы. Правила производства и приёмки работ»;
- 20.Сопротивление материалов (Часть 1, Простое нагружение): учебное пособие/ Е.А. Борель, 2001 – 236 с.;
- 21.Строительные конструкции нефтегазовых объектов: учебник/Ф.М. Мустафин, Л.И. Быков, В.Н. Мохов и др.- СПб.: Недра, 2008 – 780 с.;
- 22.Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учебное пособие для ВУЗов. П.И.Тугунов. В.Ф. Новоселов. А.Л. Коршак. Л.М. Шаммазов. Уфа. ООО «Дизайн Полиграф Сервис». 2002 – 658 с.;
- 23.Типовые расчёты при сооружении трубопроводов/ Л.А. Бабин, П.Н. Григоренко, Е.Н. Ярыгин. Учебное пособие для вузов. - М.: Недра, 1995. – 246 с.;
- 24.Трубопроводный транспорт нефти/ С.М. Вайншток, В.В. Новосёлов, А.Д. Прохоров и др.; Учеб. Для вузов: В 2 т.-М.: Недра – Бизнесцентр, 2002. – Т.2. – 621с.;